C. D. Broad

El pensamiento científico

EF
ESTRUCTURA Y FUNCION
EDITORIAL TECNOS, S. A. - MADRID

C. D. Broad

El pensamiento científico

La primera parte de la obra constituye una exposición muy esclarecedora de los principales conceptos de la física matemática clásica y de las repercusiones de los modernos descubrimientos científicos en su formulación. En la segunda parte, el profesor Broad lleva a cabo un penetrante análisis de las modernas nociones de espacio, tiempo y movimiento. El autor concluye: «No pretendo haber presentado ninguna teoría nueva ni sorprendente del universo. Si tengo algún mérito filosófico, éste no es ni la fertilidad constructiva de un Alexander ni el penetrante talento de un Moore, y menos aún la extraordinaria combinación de ambos, con la destreza técnico-matemática que caracteriza a Whitehead y a Russell. Puedo, a lo sumo, atribuirme la facultad, aunque humilde, útil, de explicar problemas difíciles en forma clara y no demasiado superficialmente.»

ESTRUCTURA Y FUNCION

EL PORVENIR ACTUAL DE LA CIENCIA

COLECCION DIRIGIDA POR

ENRIQUE TIERNO GALVAN

Núm. 1. *Quentin Gibson.*—LA LOGICA DE LA INVESTIGACION SOCIAL
" 2. *Ashley Montagu.*—LA DIRECCION DEL DESARROLLO HUMANO
" 3. *Gustav Bergmann.*—FILOSOFIA DE LA CIENCIA
" 4. *Christian Bay.*—LA ESTRUCTURA DE LA LIBERTAD
" 5. *Ernest Nagel.*—LA LOGICA SIN METAFISICA
" 6. *Hilbert y Ackermann.*—ELEMENTOS DE LOGICA TEORICA
" 7. *Vernon Van Dyke.*—CIENCIA POLITICA: UN ANALISIS FILOSOFICO
" 8. *Karl R. Popper.*—LA LOGICA DE LA INVESTIGACION CIENTIFICA
" 9. *R. M. Martín.*—VERDAD Y DENOTACION
" 10. *Ernest Gellner.*—PALABRAS Y COSAS
" 11. *C. D. Broad.*—EL PENSAMIENTO CIENTIFICO

EN PREPARACION:

T C. Schelling.—LA ESTRATEGIA DEL CONFLICTO
Ernest Nagel.—LA RAZON SOBERANA
Richard B. Braithwaite.—EXPLICACION CIENTIFICA
Arthur Pap.—TEORIA ANALITICA DEL CONOCIMIENTO
Jhon Hosper.—LA CONDUCTA HUMANA
Max Black.—MODELOS Y METAFORAS
Ludwig Wittgenstein.—CUADERNOS («LIBRO AZUL» Y «LIBRO MARRON»)
Milic Capek.—EL IMPACTO FILOSOFICO DE LA FISICA CONTEMPORANEA
D. M. Armstrong.—LA PERCEPCION Y EL MUNDO FISICO
Curry y Feys.—LOGICA COMBINATORIA
Martha y William Kneale.—HISTORIA DE LA LOGICA

El pensamiento científico

C. D. BROAD

El pensamiento científico

ESTRUCTURA Y FUNCION

EDITORIAL TECNOS, S. A. - MADRID

Los derechos para la versión castellana de la obra
SCIENTIFIC THOUGHT
publicada por *Routledge & Kegan Paul Ltd.*, Londres,
son propiedad de EDITORIAL TECNOS, S. A.

TRADUCCIÓN DE
R. L. PÉREZ y C. L. LANDA

© EDITORIAL TECNOS, S. A. 1963
Calle O'Donnell, 27, 1.° izq. T. 225 61 92; Madrid (9)

Depósito legal: M. 7.832.—1963
Núm. Regtro: 598 - 62

SUCESORES DE RIVADENEYRA, S. A. - PASEO ONÉSIMO REDONDO, 26 - MADRID

At ego tibi sermone isto... varias fabulas conseram, auresque tuas benevolas lepido susurro permulceam, modo si papyram Egyptiam argutia Nilotici calami inscriptam non spreveris inspicere...—APULEIUS, *El asno de oro.*

Indice

Página

INTRODUCCIÓN: De lo que trata la Filosofía y sus relaciones con las ciencias especiales... 15

PRIMERA PARTE

CAPÍTULO I: El concepto tradicional de Espacio y el Principio de la Abstracción Extensiva... 25

CAPÍTULO II: El problema general de Tiempo y Cambio... 44

CAPÍTULO III: La Cinemática tradicional y su gradual modificación en el campo de la Física: 1) Las teorías Relativa y Absoluta ... 66

CAPÍTULO IV: Modificación de la Cinemática tradicional en el campo de la Física. *(Continuación.)* 2) La teoría especial de la Relatividad... 86

CAPÍTULO V: La Cinética tradicional y su gradual modificación en el campo de la Física: 1) Leyes de Newton sobre el Movimiento y la Gravitación... 113

CAPÍTULO VI: Modificación de la Cinética tradicional. *(Continuación.)* 2) Teoría general de la Relatividad. Resumen de la primera parte. 132

SEGUNDA PARTE

LA BASE SENSIBLE Y PERCEPTIBLE DE NUESTROS CONCEPTOS CIENTÍFICOS

CAPÍTULO VII: La materia y sus apariencias; definiciones preliminares... ... 167

CAPÍTULO VIII: La Teoría de los «sensa» y la Teoría Científica Crítica... 175

CAPÍTULO IX: Las posiciones y formas de los «sensa» y de los objetos físicos. 206

Página

CAPÍTULO X: Tiempos y duraciones de los «sensa» y de los objetos y procesos físicos... 247

CAPÍTULO XI: Movimiento sensible y físico... 290

CAPÍTULO XII: Espacio-Tiempo sensible y físico... 323

CAPÍTULO XIII: Las condiciones fisiológicas de las sensaciones y la posición relativa ontológica de los «sensa»... 349

Prefacio

El presente libro está basado fundamentalmente en una serie de conferencias pronunciadas ante los estudiantes de tercer año de Ciencias de la Universidad de Bristol durante el curso 1920-21. Esta Universidad debe a mi distinguido predecesor, profesor Lloyd Morgan, a la par que otros muchos beneficios, la admirable costumbre de que todos los estudiantes de Ciencias deban asistir a tales conferencias antes de terminar su carrera. Merecía la pena elaborar las conferencias, eliminar sus más evidentes defectos y presentarlos a un público más amplio.

En la primera parte he comenzado por los complicados conceptos de la Física matemática clásica; he tratado de explicarlos claramente exponiendo después las modificaciones que los recientes progresos en los conocimientos científicos imponen a dichos conceptos. He seguido esta norma hasta el final de la Segunda Teoría de la Relatividad. No he penetrado en las especulaciones aún más revolucionarias de Weyl porque considero que no las comprendo todavía lo sufientemente bien para poder explicárselas a los demás. Un filósofo que considera el desconocimiento de una teoría científica como razón suficiente para no escribir sobre ella no puede ser tachado de poco original, como lo demuestra ampliamente el estudio de la reciente literatura filosófica.

Empiezo con una Introducción que se refiere a lo que en mi concepto es la Filosofía, y cómo creo que está relacionada con los estudios especiales. A continuación he tratado de explicar en términos sencillos la naturaleza y los objetivos del Principio de la Abstracción Extensiva, *de Whitehead. Considero que éste es el «prolegómeno de toda futura Filosofía de la Naturaleza». Pueden explicarse bien su motivación y rasgos generales sin tener que profundizar en aquellas complicaciones logicomatemáticas que son inevitables cuando dicho* Principio *se aplica en detalle. Seguidamente me he aventurado a abordar los complejos problemas que convergen en la idea general de Tiempo y Cambio. Aquí he tratado de refutar los desconcertantes argumentos con los que el doctor M'Taggart pretende rechazar la realidad de estas evidentes características fundamentales del universo. El resto de la primera parte resultará bastante sencillo para cualquier persona que tenga una cultura general corriente, aunque no pretendo que pueda ser compren-*

dido sin esfuerzo alguno por aquellos que desconozcan los temas que trata.

En algunos de estos últimos capítulos el lector encontrará varias fórmulas matemáticas; no debe asustarse ante ellas, pues puedo asegurarle que no constituyen procesos algebraicos más complicados que las simples ecuaciones que aprendió a resolver cuando era niño. Yo mismo no pretendo ser un matemático; lo más que puedo decir es que, en términos generales, puedo seguir un tema de matemáticas si le dedico suficiente tiempo. Me complace pensar que, al exponer la Teoría de la Relatividad, cualquier matemático poco experto puede sacar alguna ventaja de sus propias deficiencias. Las dificultades por las que él ha tenido que pasar le sugerirán, al menos, los puntos en que otros puedan encontrarlas.

La segunda parte comienza en un nivel bastante diferente. En ella he tratado de señalar los factores sensibles y perceptibles que constituyen la razón fundamental de los elevados conceptos abstractos de la ciencia y los conceptos menos elaborados, pero todavía extremadamente complejos, del sentido común. Además del interés intrínseco e importancia del tema éste, se relaciona directamente con la primera parte. Una gran parte de las dificultades que mucha gente encuentra para aceptar las nociones más modernas de espacio, tiempo y movimiento surgen del hecho de que consideran los conceptos tradicionales como perfectamente claros y naturales, mientras interpretan que las recientes modificaciones son paradojas impuestas a la fuerza vi et armis *por unos cuantos hechos fortuitos y relativamente triviales. Desde el momento en que reconocemos cuán extraordinariamente alejados se encuentran los conceptos clásicos de los toscos hechos de sentido-experiencia, de los cuales aquéllos han tenido que ser gradualmente elaborados, desaparece esta fuente de incredulidad. La influencia de la tradición se atenúa y estamos dispuestos a tomar en consideración otras síntesis conceptuales de hechos sensibles que acaso sean más satisfactorias.*

En la segunda parte he tratado de concentrarme en lo que, a mi parecer, constituye la obra más importante que se ha escrito sobre estos temas desde 1914, cuando la publicación de mi libro Perception, Physics and Reality, *en que, desgraciadamente, se precipitó la guerra europea. Si desde entonces no he aprendido nada más, por lo menos he llegado a ver la extrema complejidad del problema del mundo externo y de nuestros supuestos conocimientos del mismo. La deuda que he contraído con Moore, Russell, Whitehead y Stout es constante y podrá ser apreciada claramente por cualquiera que conozca la literatura sobre este tema. Aprovecho esta oportunidad para manifestarles mi profundo y eterno agradecimiento. En menor medida también han influido en mí Alexander y Dawes Hicks. Sólo de pasada me refiero a la teoría de Dawes Hicks sobre la apariencia y más tarde acabo por abandonarla. Y esto no porque la considere imposible o sin importancia, sino porque aquí trato deliberadamente de elaborar un punto de vista diferente, que considero también posible e importante.*

No pretendo haber presentado ninguna teoría nueva ni sorpren-

dente del universo. Si tengo algún mérito filosófico éste no es ni la fertilidad constructiva de un Alexander ni el penetrante talento de un Moore, y menos aún la extraordinaria combinación de ambos con la destreza tecnicomatemática que caracteriza a Whitehead y a Russell. Puedo, a lo sumo, atribuirme la facultad, aunque humilde, útil, de explicar problemas difíciles en forma clara y no demasiado superficialmente.

Excudent alii spirantia mollius aera,
Credo equidem; vivos ducent de marmore vultus;

mas espero haber por lo menos fundido algo del metal y picado algo de la piedra que otros utilizarán para sus construcciones.

Debo terminar agradeciendo al doctor R. S. Paton, de Perth, por la gentileza de haber leído las pruebas de imprenta y haberme ayudado a elaborar el índice; al señor E. Harrison, del Trinity College, Cambridge, por su estimable contribución para revestir mi labor con la «obscuridad que comporta todo idioma culto»; y a los impresores, por el cuidado que han tenido al imprimir un trabajo que ha debido resultar bastante engorroso.

C. D. Broad.

Londres, septiembre de 1922.

De lo que trata la Filosofía y sus relaciones con las ciencias especiales

«Noli, lector, expectare hoc loco, contra Philosophiam aut Philosophos orationem invectivam... Distinguo inter Philosophos et non Philosophos, et inter Philosophiam veram, vitae humanae Magistram sapientissimam, humanae naturae decus singulare, et illam, quae jam diu pro Philosophia habita est, fucatam et garrulam meretriculam.»

(HOBBES, *Leviathan*, parte IV, cap. XLVI.)

En este capítulo de introducción dejaré sentado lo que, en mi opinión, es la Filosofía y por qué las demás ciencias son de importancia para ella, al tiempo que ella lo es para las demás ciencias. Muchos científicos empezarían un libro como éste con la firme convicción de que la Filosofía es, sobre todo, un laberinto de ideas, y con profundas dudas acerca de si comporta algo de importancia para ellos. Yo no considero que este punto de vista sobre la Filosofía sea justo, pues de serlo no perdería el tiempo ni engañaría a mis estudiantes al tratar de enseñársela. Mas lo que sí pienso es que tal punto de vista es muy plausible, y que la conducta de muchos filósofos ha dado al público, en general, motivo para su desfavorable opinión sobre la Filosofía. Por tanto, comenzaré rebatiéndola por todos los medios para después demostrar que, pese a todas las objeciones, ésta es, en realidad, una ciencia definida, con un contenido preciso. Trataré de mostrar que realmente progresa y que está relacionada de tal modo con las ciencias especiales que la cooperación entre filósofos y científicos es de sumo beneficio para los estudios de ambos.

Creo que un científico inteligente refutaría la Filosofía del modo siguiente: «Los filósofos discuten temas tales como la existencia de Dios, la inmortalidad del alma y el libre albedrío. De sus mentes surgen fantásticas teorías que no pueden ser defendidas ni refutadas mediante experimentos. No hay dos filósofos que estén de acuerdo y no se produce ningún progreso. Los filósofos siguen discutiendo acaloradamente los mismos problemas que éstos discutían hace miles de años en Grecia. ¡Qué lastimoso resulta este cuadro si se compara con las Matemáticas o con cualquiera otra ciencia! En éstas se observa un constante progreso; los descubrimientos de una época son aceptados por la siguiente y a su vez se transforman en la base para ulteriores progresos en la ciencia. Es verdad que existe controversia, pero no es sino la controversia fructífera que hace progresar a la ciencia y desemboca en acuerdos definitivos; y esto no es la divagación en círculo cerrado, sin objeto, a la que está condenada la Filosofía. ¿No da esto a entender que, o bien la Filosofía es simplemente un juego de palabras o, si tiene un verdadero contenido, éste no está al alcance de la inteligencia humana?».

Nuestro científico podría incluso reforzar su punto de vista menospreciando la historia antigua de la Filosofía y el método que generalmente se utiliza para enseñársela a los estudiantes. Así nos recordaría que, en sus comienzos, la mayoría de las ciencias actuales se confundían con la Filosofía, permaneciendo nebulosas y vagas mientras mantuvieron esta ligazón; y que tan pronto empezaron a descubrirse sus principios fundamentales, rompieron con su comprometedor asociado, se declararon por el método experimental y se asentaron para la continua producción de una robusta familia de verdades establecidas. La Mecánica es un ejemplo revelador. Mientras estuvo ligada a la Filosofía no se produjo en ella ningún progreso; cuando las leyes naturales del movimiento fueron descubiertas gracias a los experimentos y razonamientos de Galileo, dejó de ser una parte de la Filosofía y empezó a desarrollarse como una ciencia independiente. ¿No nos lleva esto a pensar que la Filosofía trata precisamente de ese fragmento cada vez más reducido del universo donde el científico aún no ha descubierto leyes y del que, por consiguiente, nos debemos conformar con suposiciones? ¿Y no son estas suposiciones lo mejor que puede ofrecer la Filosofía? ¿Serán acaso superadas dichas suposiciones el día en que algún genio como Galileo, Dalton o Faraday sitúe la cuestión en el camino seguro de la ciencia?

Si nuestro científico habla con estudiantes de Filosofía y les pregunta qué ocurre en sus clases, sus objeciones se verán probablemente reforzadas. La respuesta podría tomar la forma clásica: «Nos dice lo que todo el mundo sabe, pero en un lenguaje que no entiende nadie». Pero, aunque la respuesta no fuera tan desfavorable, podría, sin embargo, tomar la forma siguiente: «Nos enseña la opinión de Platón, Kant y Berkeley sobre temas tales como la realidad del mundo externo y la inmortalidad del alma». Inmediatamente, el científico comparará este método con el que se utiliza para enseñar su propia especialidad y tenderá a declarar, si es químico: «Nosotros aprendemos cuáles *son* las leyes de combinación química y la estructura del núcleo Benzene, y no nos preocupamos de lo que pensaba exactamente Dalton o decía Kekule. Si los filósofos conocen verdaderamente algo de la realidad del mundo externo, ¿por qué no dicen sin rodeos que es real o irreal y lo demuestran? El hecho de que prefieran manifiestamente discutir los puntos de vista divergentes de una serie de «pensadores anticuados» confirma claramente que saben que no existen medios para dar una respuesta ni ofrecer nada mejor que opiniones personales sin fundamento».

He presentado estas objeciones de la manera más clara posible, para analizar a renglón seguido lo que en realidad comportan. En primer lugar, me referiré al mencionado carácter no progresivo de la Filosofía. Esto, según considero, es un engaño, que no deja, empero, de ser natural. Tomemos por ejemplo la cuestión de la realidad del mundo externo. El sentido común nos dice que existen sillas y mesas independientemente de si uno las percibe o no. Estudiando a Berkeley vemos que trata de demostrar que dichos objetos no pueden existir mientras uno no los perciba. Más tarde, leyendo a un realista moderno,

como Alexander, nos dice que Berkeley estaba equivocado y que pueden existir y existen sillas y mesas aunque no las percibamos. Al parecer, hemos vuelto al punto de donde partimos y hemos perdido el tiempo. Pero esto no es así por dos razones:

1) Lo que pensamos al final de este proceso y lo que pensábamos al comienzo no es, en modo alguno, lo mismo, aunque en los dos casos expresemos nuestro pensamiento con las mismas palabras. La creencia original del sentido común era vaga, imperfecta y no había sido analizada. Los argumentos de Berkeley nos han obligado a admitir una serie de juicios y a definir de un modo mucho más claro qué queremos decir al declarar que existen sillas y mesas aunque no las percibamos. Lo que hallamos es que la imperfecta creencia del sentido común consistía en una serie de creencias mezcladas entre sí. Algunas de éstas pueden ser reales y otras falsas. Los argumentos de Berkeley rechazan o ponen en duda algunas de ellas; pero, sin embargo, dejan otras en pie. Puede ser que aquellas creencias no rechazadas sean suficientes para constituir una creencia en la realidad independiente de los objetos externos. Si es así, esta creencia definitiva en la realidad del mundo externo es mucho más clara y sutil que la creencia *verbalmente* similar de la que partimos. Esta última ha sido depurada de factores ajenos y ha dejado de ser una masa vaga de diferentes creencias mezcladas entre sí.

2) Nuestra creencia definitiva difiere de la original no sólo en el contenido, sino también en cuanto a certeza. Nuestra creencia original era meramente instintiva y estaba a merced de cualquier crítico escéptico al que se le antojara ponerla en duda. Berkeley ha jugado ese papel. Nuestra creencia definitiva es aquella parte o aquella modificación de nuestra creencia original que ha logrado sobrevivir al fuego de sus críticas. Claro está que esto no *demuestra* que sea cierta; puede ser también blanco de otras objeciones. Pero, en todo caso, una creencia que ha soportado las críticas de un agudo y sutil pensador, como Berkeley, tiene más probabilidades de ser cierta que una creencia meramente instintiva que nunca ha sido criticada por nadie. Así vemos que el proceso que a primera vista parecía ser circular no lo ha sido; y no cabe duda de que ha sido útil, ya que nos ha permitido reemplazar una creencia vaga por una creencia clara que ha sido analizada, y sustituir una creencia meramente instintiva por una creencia que ha pasado por el fuego de la crítica.

El ejemplo anteriormente mencionado nos expone, por lo menos, una parte de lo que realmente abarca la Filosofía. El sentido común utiliza constantemente una serie de conceptos en cuyos términos interpreta su experiencia. Se refiere a *cosas* de diversos tipos; dice que éstas tienen *lugares* y *tiempos*, y que *cambian*, y que los cambios en un *proceso* originan otros cambios, etc. Así vemos que utiliza constantemente conceptos o categorías tales como cosas, espacio, tiempo, cambio, proceso, etc. La ciencia adopta del sentido común estos conceptos, pero con alguna modificación, y los utiliza en su trabajo. Ahora bien, podemos utilizar y *utilizamos* conceptos sin tener una idea muy clara de su significado o de sus relaciones mutuas. Natu-

ralmente, con esto no quiero decir que para el hombre corriente las palabras *substancia, proceso, cambio,* etc., constituyan meros ruidos sin significado alguno, como si se tratara de una jerga o de sonidos sobrenaturales. Está claro que con dichas palabras queremos decir algo, y algo diferente en cada caso. De no ser así no podríamos utilizarlas de manera consecuente; y es obvio que, en su conjunto, aplicamos y mantenemos consecuentemente dichos nombres. No obstante, cuando uno tiene una idea confusa de su significado dichos conceptos pueden aplicarse con mayor o menor éxito. Nadie confunde lugar con tiempo y, para propósitos prácticos, dos personas cualesquiera coinciden, por lo general, en cuanto a los lugares que se asignan a un objeto dado. Sin embargo, si se les pregunta qué es lo que quieren decir exactamente mediante *lugar* y *tiempo* les será muy difícil explicarlo.

Ahora bien, la tarea fundamental de la Filosofía consiste en tomar los conceptos que utilizamos diariamente en la vida corriente y en la ciencia, y analizarlos para después determinar su significado exacto y sus relaciones mutuas. No cabe duda de que es una tarea de suma importancia. En primer lugar, un conocimiento claro y exacto de una cosa constituye ya un progreso en relación a una confusa familiaridad general de la misma. Además, al no tener un conocimiento claro del significado y relaciones de los conceptos que utilizamos, tarde o temprano los aplicaremos erróneamente, o bien nos encontraremos ante casos excepcionales que no sabremos cómo aplicar. Por ejemplo, todos coincidimos en cuanto al lugar en que se encuentra un alfiler que todos estamos mirando. Pero supongamos que hacemos la siguiente pregunta: «¿Dónde está la imagen de ese alfiler en un espejo determinado? ¿Y está en ese lugar (cualquiera que sea) precisamente en el sentido en que el propio alfiler está en *su* lugar?». Encontraremos la pregunta muy difícil y no tendremos la esperanza de poder contestarla mientras no hayamos analizado detenidamente lo que queremos decir con *estar en un lugar.*

Repetimos que esta tarea de esclarecer el significado y determinar las relaciones de los conceptos fundamentales no la realiza en absoluto ninguna otra ciencia. La Química *utiliza* la noción de Substancia, la Geometría la del Espacio y la Mecánica la del Movimiento. Mas presuponen que uno ya sabe lo que significa *substancia, espacio* y *movimiento.* Así actúan de manera vaga y no se preocupan de penetrar, más de lo que requieren sus propios objetivos especiales, en el significado y relaciones de estos conceptos como tales. Naturalmente, las ciencias especiales esclarecen en cierta medida el significado de los conceptos que utilizan. Un químico, con la distinción que hace entre los elementos y los cuerpos compuestos, y con las leyes de combinación que utiliza, tiene una idea mucho más clara de lo que es la substancia que un simple lego. Sin embargo, las ciencias especiales sólo discuten el significado de sus conceptos en la medida que esto es necesario para sus propios propósitos. Para ellas aquella discusión es incidental, mientras para la Filosofía es esencial, ya que trata tales cuestiones en beneficio de las mismas. Siempre que un científico empieza a dis-

cutir los conceptos de su ciencia de manera detallada y desinteresada nosotros decimos que está estudiando no tanto Química o Física, como la *Filosofía* de la Química y la Física. Por tanto, puede llegarse a la conclusión de que en este aspecto de la Filosofía hay espacio y necesidad para tal estudio, y no existe ninguna razón especial para temer que éste sobrepase el ritmo de las facultades humanas.

Aquí puede surgir una crítica que debemos abordar cuanto antes. Puede decirse: «Usted mismo admite que la tarea de la Filosofía es puramente verbal; no consiste más que en discusiones sobre el significado de las palabras». Esta crítica es totalmente arbitraria. Cuando decimos que la Filosofía trata de esclarecer el significado de los conceptos no queremos decir que se ocupa simplemente de sustituir alguna frase larga por alguna palabra familiar. Cualquier análisis llevado a cabo se *expresa*, naturalmente, con palabras; pues lo mismo ocurre con cualquier otro descubrimiento. Cuando Cantor dio su definición de la Continuidad el resultado final de su trabajo fue expresado diciendo que uno puede sustituir tal y tal frase por «continuo». Pero la parte esencial del trabajo consistió en hallar exactamente qué propiedades están presentes en los objetos cuando mantenemos que en ellos hay continuidad y qué propiedades están ausentes cuando negamos que existe continuidad. Evidentemente, esto no fue una cuestión de palabras, sino de cosas y sus propiedades.

La Filosofía tiene otra tarea estrechamente relacionada con la anterior. No sólo utilizamos continuamente conceptos vagos y que no han sido analizados, sino que tenemos también una serie de creencias que no han sido criticadas y que asumimos constantemente en la vida corriente y en la ciencia. Por ejemplo, afirmamos constantemente que todo acontecimiento tiene un proceso, que la Naturaleza obedece a leyes constantes, que vivimos en un mundo de objetos cuya existencia y proceder son independientes de nuestro conocimiento, etc. La ciencia adopta estas creencias del sentido común, sin que hayan sufrido ninguna crítica, y trabaja con ellas. La experiencia nos enseña, empero, que algunas creencias más arraigadas pueden ser meros prejuicios. A los negros les es muy difícil creer que el agua pueda transformarse en un sólido, pues siempre han vivido en climas cálidos. ¿No es posible que pensemos que la Naturaleza, en su conjunto, siempre actuará de manera uniforme simplemente porque la parte de ella en la que ha vivido la raza humana viene obrando de tal modo hasta el presente? Por tanto, todas esas creencias, profundamente arraigadas, requieren crítica. El primer deber de la Filosofía es exponerlas claramente, y esto sólo podrá efectuarse cuando hayamos analizado y definido los conceptos que encierran. Hasta que uno no sabe exactamente lo que quiere decirse por *cambio* y *proceso* no puede saber lo que quiere decir la frase *todo cambio comporta un proceso*. Y no puede atribuirse demasiada importancia a las creencias más apasionadas de una persona si ésta no sabe exactamente lo que tan apasionadamente cree. Esto únicamente puede hacerse exponiendo resuelta y honradamente dicha creencia a cualquier objeción tanto personal como ajena. Sólo debemos seguir creyendo en una cosa si al cabo de este proceso

vemos que es imposible dudar de ella. Incluso, entonces, tal vez no sea cierta; pero, al menos, habremos hecho todo lo posible.

A estas dos ramas de la Filosofía—el análisis y definición de nuestros conceptos fundamentales, y la resuelta exposición clara y crítica de nuestras creencias fundamentales—las llamo *Filosofía criticista*. Está claro que ésta es una tarea necesaria y posible, y que no la realiza ninguna otra ciencia. Las demás ciencias *utilizan* los conceptos y *asumen* las creencias. La Filosofía criticista trata de analizar los primeros y criticar las segundas. Por tanto, mientras la ciencia y la Filosofía criticista se mantengan apartadas una de otra no existe posibilidad de conflicto entre ellas, ya que su contenido es muy distinto. La Filosofía pretende analizar los conceptos generales de substancia y proceso; no pretende examinar substancias particulares, como el oro, o las leyes particulares del proceso, como, por ejemplo, que el *aqua regia* disuelve el oro. Por lo demás, la Química nos expone detalladamente los diferentes tipos de substancias que existen en el mundo y cómo los cambios en un proceso originan otros cambios. Pero no pretende analizar los conceptos generales de la substancia y el proceso ni tiene en cuenta qué derechos tenemos para afirmar que cualquier acontecimiento comporta un proceso.

Ahora debe estar ya claro por qué el método de la Filosofía difiere tanto del de las ciencias naturales. En ella no se llevan a cabo experimentos porque serían completamente inútiles. Si se desea averiguar cómo reacciona una substancia en presencia de otra, se mezclarán las dos, se variarán sus condiciones anotando finalmente los resultados. Pero ningún experimento esclarecerá las ideas respecto al significado de *proceso* en general y *substancia* en general. Una vez más, todas las conclusiones a las que se llega tras unos experimentos descansan en algunas de las propias suposiciones que la Filosofía debe exponer y criticar. El experimentador da por sentado que la Naturaleza obedece a leyes constantes y que siempre y en todo lugar, en condiciones lo suficientemente similares, se darán resultados similares. Esta es una de las hipótesis que la Filosofía desea considerar de manera crítica. Así vemos que el método de la Filosofía se parece al de las Matemáticas puras, por lo menos en el hecho de que ninguna de ellas necesita efectuar experimentos.

Existe, sin embargo, una diferencia importante. En las Matemáticas puras partimos, ya sea de axiomas que nadie pone en tela de juicio, o de premisas que son aceptadas explícitamente como hipótesis; nuestro principal objetivo es deducir consecuencias remotas. Ahora bien, la mayor parte de las hipótesis tácitas de la vida corriente y de las ciencias naturales se consideran reales y no hipotéticas, constatando al mismo tiempo que no están claras ni son evidentes por sí mismas cuando se examinan desde un punto de vista crítico. La mayor parte de los axiomas matemáticos son muy sencillos y claros, mientras que la mayoría de las demás suposiciones en que el hombre cree firmemente son en extremo complejas y confusas. La Filosofía no se ocupa, sobre todo, de conclusiones remotas, sino de análisis y apreciación de las premisas originales. Para este fin son necesarios el

poder analítico y cierto tipo de discernimiento, para lo cual el método matemático no resulta muy útil.

Existe también otra clase de Filosofía, que por ser más atractiva el vulgo entiende generalmente por su nombre. A esta Filosofía la llamo *Filosofía especulativa*. Tiene un objetivo diferente, sigue un método diferente y conduce a resultados situados en un nivel diferente de certeza si se compara con la Filosofía criticista. Su objetivo consiste en adoptar los resultados de las ciencias, añadir a éstos los resultados de la experiencia religiosa y ética de la humanidad, para luego analizarlo todo en su conjunto. Nuestra esperanza es llegar por este medio a algunas conclusiones generales acerca de la naturaleza del universo, de nuestra posición y perspectiva dentro de él.

Existen varios aspectos de la Filosofía especulativa que deben señalarse:

1) Si ha de ser de la más mínima utilidad debe presuponer la Filosofía criticista. No tiene objeto alguno utilizar masas enormes de aquellos pormenores de las ciencias y de la experiencia ética y religiosa del hombre que no han sido criticados, pues desconocemos lo que significan y su grado de certeza hasta no haber sido esclarecidos y avalados por la Filosofía criticista. Por tanto, es muy posible que no haya llegado aún la hora de la Filosofía especulativa, ya que la Filosofía criticista puede no haber progresado aún lo suficiente para proveerla de una base firme. En el pasado uno tendía a inclinarse hacia la Filosofía especulativa, pues presenta un interés práctico mucho mayor. Esto ha dado origen a un sinfín de sistemas de los que, con razón, puede decirse que son un laberinto de ideas. La desconfianza que el público en general muestra hacia estos precipitados intentos repercute en la Filosofía criticista y, a su vez, la Filosofía en general sufre un desprestigio que no merece.

2) La Filosofía especulativa puede, a lo sumo, consistir en unas suposiciones más o menos acertadas que se fundan en una base muy poco consistente. No cabe ninguna esperanza de que llegue a la certeza que algunas partes de la Filosofía criticista pueden muy bien tener. Como clase, los filósofos especulativos han sido los seres más dogmáticos que puedan existir y han mostrado en todo una seguridad muy poco fundada.

3) La opinión definitiva de un hombre sobre el universo en su conjunto, así como sobre la posición y perspectiva tanto de él mismo como de sus compañeros, es peculiarmente propensa a dejarse influir por sus esperanzas y temores, sus gustos y aversiones, y su criterio sobre el valor. La Filosofía especulativa tiende a dejarse influir de un modo enteramente ilícito por el estado en que uno tiene el hígado y por la cuenta corriente que se posee en el Banco. No cabe duda de que los hígados y las cuentas corrientes ocupan un lugar en el universo, y cualquier opinión que no les conceda la importancia que se merecen no podrá ser, en última instancia, satisfactoria. Pero, contrariamente a lo que uno pudiera imaginarse, el valor de estos dos factores es mucho menor que la influencia que ejercen sobre la Filosofía especulativa. Mas si tenemos esto en cuenta y tratamos por todos los medios

de ser «éticamente neutrales» estamos expuestos a caer en el otro extremo y mantener una teoría del universo que interprete la existencia de nuestros criterios de valoración de manera ininteligible.

Una gran parte de la Filosofía criticista está casi exenta de esta fuente de errores. Nuestro análisis de la verdad y la falsedad o de la naturaleza del criterio es poco probable que pueda verse influido por nuestras esperanzas y temores. No obstante, existe aquí un pequeño peligro de improbidad intelectual. A veces llevamos a cabo nuestra Filosofía criticista con un ojo mirando hacia la Filosofía especulativa, y, en cierto modo, aceptamos o rechazamos creencias y analizamos conceptos porque consideramos que esto encajará mejor que cualquier otra alternativa, desde el punto de vista de la realidad en su conjunto que nos guste en cada caso.

4) Sin embargo, aunque la Filosofía especulativa tenga sus limitaciones, sus métodos, si no sus resultados, poseen un valor para los científicos y ello por la razón siguiente: En todas las ciencias, menos en Psicología, tratamos con objetos y con sus cambios y, en la medida de lo posible, dejamos aparte la mente que los observa. Por otra parte, en Psicología tratamos con mentes y sus procesos, y, en la medida de lo posible, dejamos fuera de cuenta los objetos que llegamos a conocer a través de ellas. Un hombre que se limita a cualquiera de estas dos materias puede muy fácilmente tener una idea unilateral del mundo. El que se limita a su especialidad de naturalista es muy probable que se olvide de la existencia de las mentes y de que, a no ser por éstas, difícilmente podría conocer o actuar sobre objetos físicos. El psicólogo tiende a olvidar que la función principal de las mentes consiste en conocer los objetos y actuar sobre ellos; que están estrechamente relacionadas con ciertas partes de la materia, y que, evidentemente, han surgido gradualmente en un mundo donde en otros tiempos no existía más que materia. El materialismo es la Filosofía especulativa característica del naturalista y el idealismo subjetivo la del psicólogo. Para el científico, el idealismo subjetivo no es más que un cuento de hadas; y para el psicólogo, el materialismo se le antoja una verdadera locura. Ambos tienen razón en su criterio, pero ninguno ve las debilidades de su propia posición. La verdad es que estas dos doctrinas cometen la falacia de sobresimplificar y difícilmente podemos evitar el caer en alguna de estas formas si no realizamos al mismo tiempo un decidido esfuerzo para pensar *sinópticamente* acerca de todos los hechos. Nuestros *resultados* pueden ser triviales, pero el *proceso* nos recordará, por lo menos, la extrema complejidad del mundo y nos enseñará a rechazar cualquier teoría filosófica barata y fácil, tales como el materialismo popular o la Teología popular *.

Antes de terminar este capítulo me referiré brevemente a las tres ciencias que generalmente se enseñan como especialmente filosóficas. Estas son: Lógica, Etica y Psicología. Lógica es sencillamente la parte

---

* La Teología, bien sea «natural» o «descubierta», es una forma de filosofía especulativa en nuestro sentido del mundo. Lo mismo ocurre con el ateísmo.

fundamental de la Filosofía criticista; trata conceptos tales como *verdad, implicación, probabilidad, clase,* etc. En realidad, puede definirse como la ciencia que trata de las formas proposicionales, sus partes, sus cualidades y sus relaciones. Su función es la de analizar y clasificar formas y considerar las relaciones formales que pueden subsistir entre ellas. Toda la ciencia *consiste* de proposiciones determinadas y cada una de éstas constituye una de las formas que la Lógica estudia; pero no es tarea de cualquier otra ciencia el *discutir* explícitamente formas proposicionales. De manera similar, toda la ciencia está llena de inferencias, buenas y malas, y toda inferencia depende de las relaciones que se supone subsisten entre las premisas y la conclusión. Pero corresponde a la Lógica, y sólo a ella, decidir qué relaciones justifican, en efecto, la inferencia y si estas relaciones subsisten realmente en un caso dado. Por ello, la Lógica es aquella parte de la Filosofía criticista que trata de los conceptos más generales y profundos y de aquellas creencias fundamentales que forman el «tejido conjuntivo» de toda ciencia.

Asimismo, la mayor parte de la Etica es sencillamente una rama de la Filosofía criticista. Es un hecho que no sólo creemos que ocurren tales y tales acontecimientos, sino que exponemos criterios de aprobación o desaprobación sobre algunos de ellos. Tales criterios utilizan conceptos peculiares como *bueno* y *malo, justo* y *erróneo, deber,* etc. Una parte muy importante de la Etica consiste en procurar analizar y definir estas nociones peculiarmente obscuras que todos utilizamos tan alegremente en la vida diaria. De nuevo vemos que existen numerosos criterios de valor que mucha gente considera como ciertos; por ejemplo, el placer es bueno, está mal decir mentiras, el hombre tiene derecho a hacer lo que se le antoje de su persona, etcétera. Otra parte importante de la Etica consiste en exponer claramente tales criterios y luego observar qué demostración, en caso de que la haya, existe para ellos. Así vemos que la Etica está constituida por aquella parte de la Filosofía criticista que analiza los conceptos y critica las presuposiciones que utilizamos en nuestros criterios de aprobación y desaprobación.

La Psicología, en mi opinión, no forma parte en absoluto de la Filosofía, sino es simplemente una de las ciencias especiales. Esto lo demuestra el hecho de que, contrariamente a la Lógica y la Etica, la Psicología discute de manera inductiva sobre la base del experimento y la observación, pese a que la observación adquiere la forma peculiar de introspección. Es, sin embargo, un tipo muy peculiar de ciencia especial. Está claro que la Química y la Física se parecen mucho más entre sí que ninguna de ellas a la Psicología. La razón estriba en que las dos primeras tratan dos grupos de propiedades *materiales* que, aunque bastante diferentes, son muy penetrantes, mientras la Psicología se ocupa de las mentes, las cuales ocupan aparentemente una posición singular y extraordinariamente aislada en el universo. También podríamos decir que la Psicología se ocupa de lo que es relativamente privado, en tanto que las otras ciencias naturales se ocupan de lo que es relativamente público. Si se formulara la pregunta de por

qué se considera que la Psicología está relacionada de manera especial con la Filosofía creo que las siguientes respuestas resultarían satisfactorias:

1) La Psicología facilita a la Filosofía criticista una serie de conceptos en calidad de materia prima para ser analizados y criticados. Estos conceptos son: *mente, el yo, conciencia, instinto, sensación, percepción,* etc. Todos consideramos que estas nociones son sumamente confusas y obscuras, mientras tendemos a pensar—hasta que no adquirimos un mayor conocimiento—que no existe ninguna dificultad particular acerca de conceptos tales como *lugar, tiempo, materia, proceso,* etc., que utilizamos en las demás ciencias. Por ello, una gran parte de cualquier libro clásico sobre Psicología está dedicado a tratar de analizar y definir ciertos conceptos; y esto es, claro está, Filosofía criticista.

2) Cuando tratamos de esclarecer el significado de conceptos tales como *lugar, tiempo, materia,* etc., a menudo tropezamos con que es esencial una referencia de los procesos mediante los cuales se han producido, y que parte de su nebulosidad se debe a las abstracciones hechas por la ciencia y el sentido común. Por eso, al aplicar la Filosofía criticista tenemos que utilizar constantemente hechos que pertenecen a la Psicología, incluso en los casos en que no abordamos de manera directa conceptos psicológicos *.

3) No cabe duda de que en la Filosofía especulativa deberíamos tener en cuenta los resultados de todas las ciencias. Por ello, debido al singular contenido de la Psicología, caeríamos en un gran error si la omitiéramos, mientras que nuestro error no será tan profundo si omitimos una de las ciencias de la materia, tales como la Mineralogía o la Botánica.

Por estas razones, podemos afirmar que la Psicología tiene una importancia peculiar para la Filosofía, pese a que debemos negar que constituya una parte de la Filosofía como la Lógica y la Etica.

El presente libro trata en su totalidad de la Filosofía criticista, pero abarca solamente una pequeña parte de ella. Está dedicado casi por completo a esclarecer algunos de los conceptos utilizados en las ciencias naturales, aunque no todos ellos, pues, por ejemplo, se habla muy poco sobre causalidad. Esto se debe a que no quise tratar de cuestiones puramente lógicas y es casi imposible discutir adecuadamente sobre causalidad sin profundizar en la cuestión de inducción, en la que, por lo general, se enseña que la causalidad juega un papel importante.

Obras adicionales que pueden ser consultadas con provecho:

F. H. Bradley, *Appearance and Reality,* introducción.
H. Sidgwick, *Philosophy: its Scope and Relations.*
B. A. W. Russell, *Our Knowledge of the External World,* confs. 1 y 2.
J. Grote, *Exploratio Philosophica,* parte I, caps. 1 y 2.
Descartes, *Regles pour la direction de l'ésprit; Discours de la méthode.*

---

* También es verdad que no podemos tratar de manera completa la Lógica (especialmente los temas de inferencia y probabilidad) sin referirnos a las mentes y a sus limitaciones especiales.

El concepto tradicional de Espacio y el Principio de la Abstracción Extensiva

«When *I* use a word,» Humpty-Dumpty said in rather a scornful tone, «it means just what I choose it to mean—neither more nor less.»

«The question is,» said Alice, «whether you *can* make words mean so many different things.»

«The question is,» said Humpty-Dumpty, «which is to be Master—that's all.»

(LEWIS CARROLL, *Through the Looking-Glass.*)

No es posible discurrir sobre el Espacio, el Tiempo y la Materia en su esencia aislando lo uno de lo otro, como ocurre en la ciencia física, pues veremos que están íntimamente ligados en su propia naturaleza. Este es, sin embargo, un descubrimiento relativamente reciente, pues la opinión tradicional en la que nos seguimos basando en nuestra vida diaria consiste en que Espacio y Tiempo pueden analizarse adecuadamente, en cualquier circunstancia, aislados el uno del otro y ambos de la Materia. Ya que éste es el criterio corriente, lo mejor será partir del mismo e ir gradualmente señalando y eliminando sus imperfecciones. En todo caso, de *alguna parte* debemos partir, y el hecho que los tres conceptos en cuestión hayan sido tratados durante tanto tiempo como separables sin que se haya producido ningún error práctico de consecuencia demuestra que, en gran medida, éstos *son* separables. La realidad es que aquello que lógicamente es lo más primitivo en la Naturaleza no es lo que actualmente nos es más conocido, y, por ello, será mejor para los propósitos didácticos comenzar por lo lógicamente derivativo, pero prácticamente conocido, y volver atrás a lo lógicamente primitivo, pero prácticamente no conocido. Por ejemplo, los detalles inmediatos de la sensación, como son las manchas de colores, son lógicamente previos a la noción de los objetos físicos, los cuales perduran y reúnen muchas cualidades. Sin embargo, esta última es una noción mucho más conocida para nosotros. Comenzaré, pues, por el concepto tradicional de Espacio.

Incuestionablemente consideramos el Espacio en la vida corriente y en la ciencia como una sola gran caja o recipiente en la que se guardan todos los objetos físicos y en la que se desarrollan todos los procesos físicos. Es verdad que muchos libros sobre Mecánica defienden erróneamente un criterio distinto sobre Espacio, haciéndole consistir en relaciones entre pequeñas partículas de materia. Pero este concepto se olvida en cuanto el autor termina el capítulo referente a dicha cuestión, y, a partir de ese momento, él y sus lectores utilizan la teoría de «caja» del Espacio. Más adelante examinaremos este punto de vista alternativo. De nuevo observaremos que la noción de una sola caja necesita ser revisada, pero no podremos apreciar por qué esto es así hasta que analicemos la relación entre Espacio y Tiempo.

Por el momento tomaremos el punto de vista práctico de Espacio, utilizado corrientemente, como una sola caja «sin lados» donde se mueven y existen las cosas o acontecimientos del mundo físico. La primera observación es que cuando las personas hablan de Espacio y espacios utilizan estos dos términos correlativos en dos sentidos diferentes:

1) Cuando nos referimos a la plaza de Berkeley como a un espacio y a la plaza de Grosvenor como a otro diferente queremos decir sencillamente que constituyen dos sitios diferentes no sobrepuestos, pero que ambos son *partes* del único Espacio de la Naturaleza. No queremos decir que son *clases* distintas de Espacio. Ni la plaza de Berkeley ni la plaza de Grosvenor son un *Espacio;* ya que tampoco existe una caja que contenga el conjunto de la Naturaleza, sino que cada una de ellas es un *Espacio* en el sentido de que constituyen una parte de tal caja.

2) Por otra parte, cuando los matemáticos mencionan los Espacios euclidianos y los no euclidianos se refieren a posibles *clases* de Espacios diferentes, y no a Espacios distintos como las dos plazas de Londres, las cuales son *partes* del Espacio de la Naturaleza, o de la clase que fuere. La palabra *espacio* es, pues, utilizada: *a)* Como nombre propio, en cuyo caso equivale a la frase «*el* Espacio de la Naturaleza o de culaquiera clase que sea»; y *b)* Como nombre general, en cuyo caso connota la propiedad de ser un Espacio, y denota todos los diversos enteros de ese tipo, tales como el Espacio euclidiano, el Espacio lobatchewskiano, etc. Finalmente, todo tipo de Espacio tiene partes que, a su vez, son Espacios, pero que, naturalmente, no son Espacios.

En materia de historia, el concepto de Espacio surgió, en general, de la investigación del Espacio de la Naturaleza. Es muy probable que Euclides quisiera describir con sus axiomas el Espacio donde vivimos y nos movemos. Mas en ulteriores consideraciones surgieron dos hechos de gran importancia: 1) La validez de las deducciones de Euclides no depende, en modo alguno, de que este supuesto sea real. 2) Podemos concebir enteros prolongados que son continuos y tienen varias dimensiones, como es Espacio de la Naturaleza, pero que se diferencian del tipo de Espacio euclidiano en muchas de sus propiedades. Por ello, hemos acordado denominar un Espacio a cualquier entero que se parezca lo suficientemente al Espacio de la Naturaleza, admitiendo, no obstante, la posible existencia de muchos enteros que coincidan en este aspecto, pero que, sin embargo, difieren de sus demás propiedades. Al principio los matemáticos efectuaron únicamente tímidas modificaciones en los axiomas de Euclides; mas, a medida que la audacia aumentó paralelamente al conocimiento, empezaron a considerar gradualmente lo que, desde el punto de vista euclidiano, constituían las clases de Espacio cada vez más inabarcables.

La cuestión que a nosotros nos interesa observar es que las proposiciones de cualquier sistema de Geometría pura son sencillamente hipotéticas. Tan sólo afirman que tales y tales proposiciones siguen a los axiomas, mientras que los términos empleados son descritos me-

diante las definiciones y postulados del sistema. No debemos afirmar que los ángulos de un triángulo *son* iguales en total a dos ángulos rectos, sino que, estando el triángulo en el espacio, como lo definen los axiomas de Euclides, esto se desprende de sí mismo. Este hecho permanece oculto para el neófito en Matemáticas, porque: *a)* El Espacio de la Naturaleza es corrientemente considerado como euclidiano, y *b)* Generalmente se utilizan figuras para demostrar las proposiciones. Pero la realidad es que esas figuras se utilizan en Geometría únicamente como ilustraciones, al igual que las estadísticas en los últimos discursos del señor Chamberlain sobre la reforma de la ley del Impuesto. No juegan ningún papel lógico en la comprobación, pues una proposición sobre círculos puede ser tan concluyentemente demostrada por medio de un círculo aproximado de tiza sobre una pizarra como mediante un círculo exacto dibujado con ayuda de un compás. Las premisas reales de la comprobación son los axiomas del sistema, así como las definiciones de los términos sobre los que se discute.

Cuando se comprenden estos hechos resulta fácil ver la conexión entre el Espacio de la Física y los Espacios de la Geometría pura. Hemos llegado, no importan los medios, al concepto de un Espacio físico: la sola caja sin lados que contiene todos los fenómenos de la Naturaleza. Tiene varias propiedades características, tales como continuidad, tres dimensiones, etc., que es lo que el matemático puro generaliza. Este toma una selección de dichas propiedades, idea diferentes clases de Espacio y elabora su Geometría. Entonces, y sólo entonces, puede preguntarse: «¿De qué clase es el espacio de la Naturaleza?», «¿Cuál, entre los diversos espacios posibles, corresponde mejor al Espacio de la Física?».

La cuestión es la siguiente: «¿En qué clase de caja está contenida la Naturaleza?». Esto no resulta tan sencillo como si se preguntara dónde tiene uno la ropa—en una maleta, en un baúl o en una bolsa—. En primer lugar, el enredo que existe entre el Espacio físico y el Tiempo y la Materia viene muy al caso en este punto. Por ejemplo, nuestra Geometría y nuestra Física son concebidas para tratar con factores diferentes, pero íntimamente relacionados en la Naturaleza, y que no pueden hallarse aisladamente. Por tanto, puede concebirse que varios sistemas diferentes de Geometría se adapten por igual al aspecto espacial de la Naturaleza, siempre que se efectúen las modificaciones correspondientes en la forma de las leyes físicas. Además, existe la cuestión puramente matemática de si la diferencia entre la Geometría euclidiana y ciertas clases de Geometría no euclidiana no será una mera diferencia de convencionalismos para medir una sola clase de Espacio. El primer tipo de complicación puede compararse, aproximadamente, con la posibilidad que tiene una caja de cambiar su forma según el modo en que colocamos en ella nuestra ropa. Si alguna persona franca y categórica (como, por ejemplo, un preceptor de Oxford) pregunta a continuación si vuestra caja es un baúl o una maleta, e insiste en que «sólo puede darse una respuesta sencilla a una pregunta sencilla», es probable que se incurra en una equivocación. No resulta fácil ilustrar la segunda clase de complicación men-

cionada anteriormente, mas quizá la siguiente analogía sea de provecho para ello. La diferencia de temperatura entre dos lugares puede ser definida, ya sea por la diferencia en la longitud de una columna de mercurio cuando se sitúa en los dos lugares, ya bien por la diferencia de presión de cierto volumen de gas cuando éste se transfiere de un lugar a otro. Cuando la diferencia de temperatura se mide por medio de la primera convención pueden tener la misma diferencia de temperatura dos pares de puntos; cuando se mide por medio de la segunda convención los mismos dos pares de puntos pueden tener diversas diferencias de temperatura. No cabe decir si esta cuestión resulta justa o errónea; sencillamente utilizamos dos medidas de diferencia de temperatura, una de las cuales resulta más conveniente para un propósito y la segunda para otro. Si sustituimos «distancia entre dos puntos» por «diferencia de temperatura entre dos lugares» nos encontramos con un ejemplo en el que dos sistemas diferentes de Geometría significan no dos Espacios, sino dos formas alternativas de medir un solo Espacio.

Hasta aquí la distinción entre un Espacio del naturalista y los muchos Espacios del matemático. Hagamos ahora la siguiente pregunta: «¿Cuál es el mínimo irreductible de propiedades que el científico corriente atribuye al Espacio de la Naturaleza?».

1) Según él, es, en cierto sentido, continuo y tiene tres dimensiones. No es necesario profundizar en las exactas definiciones matemáticas de continuidad y dimensiones. Por continuidad queremos decir, de modo general, que dos espacios cualesquiera que no se sobreponen están simultáneamente separados y unidos por otro espacio, constituyendo todos estos Espacios partes del único gran Espacio de la Naturaleza. Al afirmar que el Espacio tiene tres dimensiones queremos decir, de modo general, que se necesitan tres datos informativos independientes para fijar la posición de un punto.

2) Por otra parte, el científico y el hombre corriente trazan una clara distinción entre Espacio y las cosas que están en el Espacio. Afirman que el Espacio como tal nunca origina nada. La *mera* posición no afecta a ninguna propiedad de la materia. Naturalmente, si movemos de un sitio a otro una partícula de materia ésta puede cambiar de forma o de tamaño. Esto le ocurrirá a la columna de mercurio de un termómetro si lo trasladamos de fuera de la ventana a un lugar cerca del fuego. Pero la opinión tradicional es que el *mero* cambio de posición no es suficiente para explicar esto. La longitud ha cambiado porque el mercurio ha alterado su posición respecto a cierta *materia* del Espacio. En mi opinión, la completa inactividad del Espacio es para el hombre corriente *la* marca que lo diferencia de la materia en el Espacio. Siempre que parece que el termómetro va a estallar nos quedamos perplejos y nos sentimos a disgusto. Esto puede ilustrarse de dos formas:

a) En las antiguas teorías de Física se suponía la existencia de un tipo peculiar de materia, llamado éter, que llenaba el Espacio. Según estas teorías el éter producía toda clase de efectos sobre la materia corriente, llegando casi a transformarse en el ser más conocido

y mimado de ciertos físicos. A medida que la Física ha ido progresando, cada vez se han ido encontrando menos ocupaciones para el éter. Paralelamente a este proceso los físicos han comenzado a preguntarse: «¿Queremos decir con éter algo más que Espacio vacío?». Es difícil encontrar en la teoría de Lorentz sobre la electrodinámica que el éter sea algo más que el concepto de Espacio absoluto; y la actitud de tan eminente científico hacia él recuerda a la señora Micawber cuando decía que «jamás abandonaría al señor Micawber».

b) Por el contrario, muchos matemáticos han concebido Espacios en los que la diferencia de posición origina la diferenciación de las formas y tamaños de los cuerpos, habiendo así explicado con éxito los fenómenos físicos. El profesor Clifford es un ejemplo, y Einstein, en su teoría de la gravitación, otro. Pero, no obstante, no nos sentimos satisfechos con las teorías de este tipo, por muy bien que expliquen los hechos, porque parecen entrañar la acción del Espacio sobre la materia, lo que da la sensación de que altera todos los medios de distinguir entre ambos. El físico con una inteligencia corriente aceptará del matemático cualquier clase de Espacio que convenga a los hechos observables, siempre que no actúe sobre la materia. Mas se niega a aceptar como Espacios las clases más inabarcables de Espacios que el matemático puro le pueda ofrecer, ya que una parte de lo que él entiende por Espacio será indiferente y, por tanto, perceptible de su propio contenido. Quizá no debiéramos aceptar esta objeción como esencial, ya que la rígida separación entre los tres conceptos de Espacio, Tiempo y Materia es, al parecer, artificial; pero en este capítulo nos limitamos a la opinión tradicional.

Por tanto, en este momento debe pensarse en Espacio como un solo e infinito receptáculo de tres dimensiones donde se producen todos los acaecimientos de la Naturaleza, aunque siendo indiferente a éstos. Si reflexionamos veremos que la demostración sobre la existencia de tal objeto no es en manera alguna evidente. No podemos ver ni tocar Espacios vacíos; lo que vemos y tocamos son partículas de materia. Está claro que la mayor parte de las cosas en que los científicos creen no pueden percibirse mediante los sentidos; nadie puede ver ni tocar un átomo de hidrógeno o una onda de luz. Tales objetos son deducidos por los científicos sobre la base de los efectos perceptibles que se suponen producen aquéllos. Pero el Espacio no se encuentra incluso en esta posición, pues, como hemos visto, la esencia del Espacio, según la opinión tradicional, es que no produce ningún efecto. De esto se desprende que la existencia del Espacio no puede deducirse de sus supuestos efectos perceptibles, ya que no tiene ninguno. Y si el Espacio no se percibe ni se deduce, ¿de dónde sacamos su concepto?

Al abordar el Espacio y el Tiempo se utilizan dos grupos de conceptos distintos, que pueden calificarse de *distributivos* y *colectivos*. Las propiedades colectivas del Espacio y el Tiempo son las que les pertenecen como enteros individuales. Así, la cuestión de cómo llegamos a creer que existe un Espacio, que éste es euclidiano, que puede ser distinguido de la materia que se halla en él, etc., son cuestiones

que conciernen a las propiedades colectivas del Espacio. Por otra parte, existen ciertos conceptos aplicados no tanto al Espacio como un entero individual, sino a cada pequeña porción de Espacio. Estas son propiedades distributivas, tales como divisibilidad, orden de puntos sobre líneas, etc. En este y en el capítulo siguiente nos limitaremos a examinar las propiedades distributivas del Espacio y Tiempo, respectivamente; solamente en un grado mucho más avanzado podrá ser abordada la cuestión de un Espacio o Tiempo y su distinción de cosas o acontecimientos.

Pues bien; todas las propiedades distributivas que atribuimos al Espacio tienen su raíz en ciertos hechos que podemos observar en nuestros campos de visión y, en menor medida, en nuestros campos de tacto. Cada vez que abro los ojos veo ante mí un campo de colores variados. Este se extiende o se esparce y su amplitud constituye la raíz de mi noción de superficies y volúmenes. Además, dentro de todo este campo resaltarán sobre un fondo ciertos parches coloreados de manera especial. Estos podrán ser dos parches verdes, que, en realidad, son la apariencia visual de dos árboles. Estos parches tienen formas y tamaños, y aquí encontramos la base sensitiva de los conceptos de figuras determinadas. Además, entre cualquiera de esos dos parches que resaltan, siempre habrá un extenso fondo de diferente color, el cual simultáneamente los une y los separa. Si, por ejemplo, estamos en realidad mirando a dos árboles con un fondo de cielo sin nubes nuestro campo visual consistirá de dos parches verdes con una forma característica, separados y rodeados por una extensión azul. En el campo visual no hay nada que corresponda a la noción de espacio vacío, ya que todo el campo está en su totalidad ocupado por un color u otro. No obstante, la experiencia visual que hemos descrito es suficiente para darnos, aproximadamente, los conceptos distributivos de extensión, forma, tamaño, intermedios y continuidad. Esto indica también, aunque por sí mismo no nos lo facilite, otro concepto: Un campo visual no termina bruscamente en sus márgenes, sino que va desvaneciéndose gradualmente, apareciendo los detalles cada vez menos precisos cuanto más lejos se encuentran del centro. Por ello, la experiencia no contiene nada que nos haga afirmar que el campo visual es un total completo independiente; más bien se manifiesta como un fragmento de algo mayor. Esta idea la refuerza el hecho de que cuando movemos un poco la cabeza el nuevo campo visual se diferencia muy poco del anterior. Algunos detalles que aparecían claros ya no lo están tanto, y otros que apenas se discernían se distinguen mejor; algo de lo que había en los lados extremos se ha desvanecido y algo de lo que allí no había ha aparecido; pero el tamaño del campo apenas ha cambiado. Esto confirma la creencia de que cualquier campo visual es sólo un fragmento de un total mayor, y, por mi parte, considero que ésta es una de las raíces del carácter ilimitado que atribuimos al Espacio.

Poco más o menos, los mismos conceptos se nos presentan toscamente en nuestros campos de tacto. Al coger cualquier cosa la siento simplificada y algunas cosas se sienten mayores que otras. Además,

si la cosa tiene proyecciones puedo sentirlas como si resaltaran sobre un fondo de «tacto», de la misma manera en que los parches verdes destacan sobre un fondo azul en el campo visual. Pero existen ciertos hechos peculiares relacionados con el tacto, y más especialmente con el tacto en conexión con el movimiento, que constituyen el germen de la distinción entre los espacios vacíos y llenos. De habernos limitado al sentido visual resultaría difícil ver cómo hemos llegado a esta distinción, ya que el campo visual, como hemos dicho anteriormente, está en todo momento lleno de color.

1) Si pongo la mano sobre una lata abierta, tengo una sensación peculiar; siento un borde frío y cortante, y, aunque no sería correcto decir que no se percibe un fondo en lo interior de ella y fuera de ella, sin embargo, corresponde a la verdad decir que resulta neutral e indefinido en comparación con el fondo azul del campo visual mencionado en nuestro ejemplo.

2) Supongamos que muevo los dedos a lo largo del canto de una regla: obtengo una serie de sensaciones cinéticas acompañadas de diversas sensaciones de tacto. Supongamos que sigo efectuando este movimiento hasta que el dedo llega al final de la regla y que sigo efectuándolo incluso fuera de ella: las sensaciones de tacto desaparecen, pero las sensaciones cinéticas continúan como antes. El cese de las sensaciones de tacto constituye la base del concepto de vacío; la persistencia de las sensaciones cinéticas es la base del concepto de que la extensión continúa a pesar de la ausencia de materia prolongada.

Muchas de estas observaciones, las cuales han sido simplemente expuestas, necesitarán ser desarrolladas más ampliamente cuando tratemos de las características colectivas del Espacio. Lo que sí podemos observar es que toda la información adquirida de esta forma es extremadamente imperfecta en comparación con los conceptos que utilizamos en Geometría y con los que aplicamos en Física. Nosotros vemos y sentimos superficies finitas y masas de formas complicadas, pero no los puntos sin prolongación ni las líneas sin anchura de los geómetras. Asimismo, resultan igualmente imperfectas las relaciones espaciales que reconocemos inmediatamente entre los parches que resaltan en nuestro campo visual. Estas no son relaciones entre puntos y líneas rectas, sino entre superficies irregulares y volúmenes. Lo que yo trato de afirmar es que estos objetos imperfectos conocidos mediante los sentidos tienen propiedades que son evidentemente espaciales, y que en ellos podemos ver los gérmenes de las perfeccionadas nociones de puntos, líneas rectas, etc. La cuestión es la siguiente: «¿Cómo están conectados los perfeccionados términos y sus relaciones definidas con exactitud que utilizamos en nuestras Matemáticas y nuestra Física, pero que no pueden percibirse mediante nuestros sentidos, con las inacabadas masas o superficies y sus aproximadas relaciones que en realidad sentimos?».

El verdadero problema es el siguiente: Las relaciones de volúmenes finitos aproximados, como los que podemos percibir, son de una complejidad inmanejable. Además, la continuidad e inmensidad del Espacio, según nos lo indica nuestra experiencia sensitiva, se perciben

vagamente, mas no se entienden intelectualmente. En esta situación es imposible establecer sus leyes o de razonar sobre las mismas. Lo que nos proponemos hacer es analizar figuras finitas y sus terriblemente complicadas relaciones perceptibles en grupos de términos que tengan relaciones más sencillas y más manejables. Si realizamos esto con éxito habremos matado dos pájaros de un tiro. Habremos hecha plena justicia a las propiedades espaciales de aquello que podemos percibir, pues nuestro análisis debe ser exhaustivo. Y, por otra parte, podremos comprender dichas propiedades y razonar sobre ellas en una forma que resultaba imposible mientras permanecían en el estado imperfecto, no analizado, en que las conocíamos mediante los sentidos. Ilustraré con ejemplos lo que quiero decir, comenzando por casos extremadamente imperfectos para llegar gradualmente a otros más pulidos.

1) Si deseo medir un trozo irregular de terreno lo primero que hago es tratar de dividirlo en triángulos. ¿Por qué? Porque el triángulo es una figura simple y las áreas de todos los triángulos, según una simple ley, están relacionadas con sus dimensiones lineales. Además, puedo analizar exhaustivamente cualquier figura rectilínea convirtiéndola en triángulos. Así, en lugar de tener que aplicar un principio distinto de medición para cada figura rectilínea diferente puedo abordarlas todas mediante este análisis de acuerdo con una simple ley.

2) La noción de la distancia entre dos cuerpos finitos es evidentemente indefinida; lo mismo ocurre con la dirección de la línea que los une, ya que en tal caso no existe ni una distancia ni una dirección. Sin embargo, está claro que entre esos dos cuerpos existe cierta relación, la cual puedo percibir y me gustaría poder examinar matemáticamente. Dos árboles se encuentran a distancias perceptibles y diferentes a un tercero, y un par de ellos pueden definir una dirección perceptible diferente a otro par. Así vemos que existen relaciones perceptibles de distancia y dirección imperfectas, que nos gustaría poder describir exactamente y examinar científicamente. Ahora podemos observar que cuanto más pequeños son los parches o trozos que analizamos menor es la falta de exactitud en la noción de *la* distancia entre ellos o *la* dirección determinada por ellos. No obstante, mientras sigan teniendo *cualquier* área o volumen seguirá existiendo la dificultad teórica. Lo que nos gustaría poder hacer es poder cortar nuestras áreas y volúmenes finitos en grupos de partes *sin* tamaño, de la misma manera que cortamos nuestra figura rectilínea irregular en un grupo de triángulos que la completan exactamente, y considerar las complejas relaciones imperfectas entre los enteros finitos como compuestas de las relaciones sencillas y definidas entre estas partes no prolongadas.

Este segundo ejemplo nos muestra un importante principio general y una importante dificultad general, las cuales sobrepasan al Espacio y son igualmente aplicables al Tiempo y a la Materia. Vemos que las relaciones entre objetos se hacen cada vez más sencillas y manejables a medida que dichos objetos se hacen más pequeños. Por tanto, deseamos analizar objetos finitos y sus relaciones en partes cada vez más reducidas y en sus relaciones cada vez más sencillas.

Mas nos encontramos que cuando tratamos de seguir esta norma hasta el penoso final tropezamos con una dificultad. En realidad, las relaciones no se hacen definidas y manejables hasta que llegamos a partes *sin* tamaño o a acaecimientos *sin* duración. Y aquí nos enfrentamos con una discontinuación. Lo que percibimos son siempre objetos de alguna magnitud y duración, y las relaciones que nos indica nuestra percepción siempre se encuentran entre tales objetos. ¿Tenemos derecho a pensar que los objetos finitos consisten en partes *sin* magnitud, o que tales partes, si es que realmente existen, no tendrán relación alguna entre sí como las que se encuentran entre áreas finitas y volúmenes finitos? Un punto es siempre algo diferente a un volumen o área, por muy pequeños que sean. Sabemos lo que queremos decir cuando afirmamos que un área grande puede cortarse en otras más pequeñas; mas lo que no está claro es lo que queremos decir cuando afirmamos que puede cortarse en puntos. Lo que sí está claro es que el sentido en que los puntos son partes de volúmenes debe ser diferente al sentido en que pequeños volúmenes son partes de otros mayores. La ejemplificación de este sentido de parte y entero la encontramos entre objetos percibidos. Pero del que no encontramos ejemplos es del primero, por lo que nos vemos obligados a definirlo antes de sentirnos tranquilos al utilizar puntos y momentos.

Por lo general, suprimimos esta dificultad tomando en consideración dos nociones incompatibles de puntos y utilizándolas de manera alternativa según resulta conveniente. Este recurso no es desconocido para los teólogos ni para los negociantes que devuelven sus ingresos para cubrir los impuestos. Cuando deseamos referirnos a un área como analizable en puntos pensamos en puntos como pequeños volúmenes. Si nos remuerde la conciencia, generalmente los suprimimos con la misma excusa que la niñera de Midshipman Easy dio por su bebé: «Después de todo era muy pequeño». Cuando deseamos pensar en puntos como si tuvieran distancias exactamente definidas les concedemos «posición, pero no magnitud», como afirmaba Euclides. Ahora bien, nada hará que estas dos concepciones de puntos sean congruentes la una con la otra. O bien los puntos tienen extensión o no la tienen. Si no la tienen, ¿cómo pueden cuadrar juntos a lo largo de sus lados y bordes (que no poseerán) para formar un volumen o área finitos? Si tienen extensión, ¿en qué sentido puede hablarse de *la* distancia que existe entre ellos o de *la* dirección determinada por un par de ellos? Llamarlos volúmenes o áreas infinitésimos sólo obscurece la cuestión, ya que la palabra *infinitésimo* sirve aquí únicamente para cubrir el intento de combinar estas dos cualidades incompatibles.

El método mediante el cual han sido superadas dificultades como éstas se debe a Whitehead, quien últimamente lo ha elaborado detalladamente en *Principios de las Ciencias naturales* y en *Concepto de la Naturaleza*, dos obras que hacen época. Para poder explicarlo en su totalidad tendríamos que referirnos a partes de la Lógica matemática que no tengo el propósito de abordar en el presente libro. Pero el problema es tan importante, y el método es de tal aplicación general para superar las lagunas entre los imperfectos hechos sensitivos

y los refinados conceptos matemáticos físicos, que considero oportuno presentar un breve cuadro del mismo.

La primera cuestión que debe señalarse es que a la ciencia le tiene completamente sin cuidado lo que es la *naturaleza interna* de un término, siempre que cumpla la misión que le corresponde. Si podemos dar una definición de puntos que los haga cumplir un par determinado de condiciones no importará que los propios puntos se transformen en entes de un tipo muy diferente a lo que suponíamos que eran. Las dos condiciones son: 1) Que los puntos deben tener recíprocamente la clase de relaciones que exige la Geometría, y 2) Que los puntos deben tener respecto a las áreas y volúmenes finitos una relación tal que pueda darse un sentido razonable a la afirmación de que tales áreas y volúmenes pueden analizarse exhaustivamente en grupos de puntos. *Cualquier* ente que reúna estas condiciones jugará el papel de un punto y podrá ser justamente llamado punto, cualesquiera que sean sus demás propiedades. Este importante hecho de que lo que realmente interesa a la ciencia no es la naturaleza interna de los objetos, sino sus relaciones mutuas, y que cualquier grupo de términos con las justas relaciones mutuas, así como cualquier otro grupo con la misma clase de relaciones, convendrá a todos los propósitos científicos, fue primeramente admitido en las Matemáticas puras. El gran mérito de Whitehead reside en haberlo aplicado a la Física.

En primer lugar, lo ilustraré sobre la base de las Matemáticas puras para después considerar su aplicación a nuestro actual problema. Consideremos tales números irracionales como $\sqrt{2}$ y $\sqrt{3}$. ¿Por qué los llamamos *números?* Sencillamente, porque obedecen a las leyes formales de adición y multiplicación a las que obedecen números enteros como 2 y 3. Es decir, porque mantienen entre ellos relaciones con las mismas propiedades esenciales que las relaciones existentes entre enteros. Ahora bien, los números tales como $\sqrt{2}$ y $\sqrt{3}$ fueron en principio definidos como los límites de ciertas series de números racionales. Así $\sqrt{2}$ fue definido como el límite de la serie de fracciones racionales cuyos cuadrados no llegan a 2. De forma similar, $\sqrt{3}$ fue definido como el límite de la serie de fracciones racionales cuyos cuadrados no llegan a 3. Ahora se puede definir lo que uno quiere decir por *adición* y *multiplicación* de tales límites. Estos serán nuevos sentidos de adición y multiplicación. El signo + no representa la misma relación cuando nos referimos a $\sqrt{2}+\sqrt{3}$ que cuando nos referimos a $2+3$. Pero la adición y la multiplicación tienen en el nuevo sentido las mismas propiedades esenciales que cuando se utilizaban en el sentido pasado. Así, por ejemplo: $\sqrt{2}+\sqrt{3}=\sqrt{3}+\sqrt{2}$ como $2+3=3+2$. Hemos ampliado el significado de *adición* y *multiplicación;* pero debido a que tienen justamente las mismas propiedades lógicas en ambos sentidos, ningún daño causa utilizar el mismo nombre para ambos y referirnos a la adición y multiplicación de irra-

cionales. Consecuentemente, no constituye ningún error llamar números a $\sqrt{2}$ y $\sqrt{3}$, ya que hemos llegado a la conclusión de que cualquier grupo de entes podrían tratarse como números siempre que mantuvieran entre ellos relaciones con las mismas propiedades lógicas que poseen las relaciones entre números conocidos como 2 y 3. Ahora todo razonamiento depende por completo de las propiedades lógicas o esenciales de los objetos sobre los que se razona, y, por tanto, de ahora en adelante podemos razonar sobre irracionales como si fueran números corrientes.

Exactamente en la misma forma, si es que podemos definir objetos que mantienen entre ellos relaciones con las mismas propiedades esenciales que las relaciones entre puntos geométricos, estos objetos cumplirán el papel de puntos y pueden ser llamados puntos, cualquiera que sea su estructura interna. Tan pronto como se haya comprendido esto podrá superarse una de las dificultades iniciales. Tenemos facultad para pensar en puntos como entes internamente sencillos, pues se afirma que no tienen ni partes ni magnitud. Pero ninguno de los problemas en que utilizamos puntos en Geometría o Física depende de esta supuesta sencillez interna. La utilidad de los puntos depende exclusivamente de que cualquier par de ellos definen una única relación con propiedades lógicas muy sencillas, o sea, la línea recta que los une. Ahora vemos que unos términos *cualesquiera* que estén conexos mediante una relación con dichas propiedades efectuarán esta parte del trabajo de los puntos. De ahí que no debemos sorprendernos si vemos que los puntos no son en realidad sencillos, sino que tienen una compleja estructura lógica interna. Esto es lo que *encontraremos*. Mas también encontraremos que, a pesar de la complejidad lógica de los puntos, puede darse un sentido claro a la afirmación de que carecen de partes y magnitud.

Ahora podemos examinar otra cuestión. Antes he dicho que los irracionales *solían* ser definidos como los límites de ciertas series de racionales. Hoy día no son definidos en tales términos. ¿Por qué? La respuesta es que si los definimos de aquella forma no es seguro que respondan a la definición. Se dice que $\sqrt{2}$ es el límite de la serie de racionales cuyos cuadrados no llegan a 2. Pero, ¿cómo sabemos que esta serie tiene un límite en absoluto? Es decir, en términos generales, ¿cómo sabemos que existe un número al que se aproxima la serie continuamente, pero que nunca le alcanza? El hecho es que no lo sabemos y, por tanto, no podemos demostrarlo. De esto se desprende que si bien definimos a los irracionales de esta manera, no es seguro que ellos existan. $\sqrt{2}$ puede ser un símbolo que no representa nada, como la frase «el actual rey de Francia», la cual tiene un significado, pero no puede aplicarse. Por tanto, lo que deseamos es hallar una definición que corresponda a la definición de los límites, pero que no deje en duda la existencia de lo que precisamente debe definir.

Pues bien; una dificultad muy similar a ésta surge en relación con los puntos. Lo explicaré de la siguiente forma: Naturalmente, nos seduce definir los puntos como límites de ciertas series de áreas o

volúmenes del mismo modo que definimos los irracionales como los límites de ciertas series de relaciones. Estos intentos de definición *constituyen* pasos en la dirección justa. Pero, en definitiva, no resultan satisfactorios porque dejan en duda la existencia de los puntos, del mismo modo que la de los irracionales. Ilustraré esto, por lo que respecta a los puntos. Hemos visto que, a medida que tomamos áreas o volúmenes cada vez más pequeños, las relaciones espaciales entre ellos se hacen más sencillas y más precisas. Imaginémonos una serie de áreas o volúmenes, unos dentro de los otros, como un juego de cajas chinas. Supongamos, por ejemplo, que se trata de una serie de esferas concéntricas. A medida que pasamos por las esferas cada vez más pequeñas de la serie llegamos a cosas que tienen cada vez más aproximadas las relaciones que tienen los puntos en Geometría. Quizá nos seduzca definir un punto, por ejemplo, el centro común de las esferas, como el límite de esta serie de esferas una dentro de la otra. Pero inmediatamente surgiría la antigua dificultad: «¿Existe alguna razón para suponer que esta serie tiene un límite?». Reconocidamente no tiene un último término; uno puede seguir encontrando esferas dentro de esferas indefinidamente. Pero el mero hecho de que no tenga un último término no demuestra, en realidad, que tenga un límite. El límite de una serie infinita puede describirse como el primer término que viene después de todos los términos de la serie infinita. Mas esto implica que la serie en cuestión forma parte de alguna serie mayor; en caso contrario, no existe el más allá. Tampoco está claro que nuestra serie infinita de esferas concéntricas forme parte de cualquier serie mayor, o que exista cualquier término que viene después de cada esfera dentro de ella. Por tanto, no es cosa segura que existan puntos definidos como los límites de tales series.

¿Cómo puede superarse tal dificultad? En primer lugar, fue superada para los números irracionales, y entonces Whitehead mostró que los puntos podrían ser tratados de la misma forma. La solución asombrará a primera vista a aquellos que desconocen lo que es un mero *tour de force;* no obstante, es perfectamente válido y realmente resuelve el problema. En lugar de definir $\sqrt{2}$ como el *límite* de la serie de números racionales cuyos cuadrados no llegan a 2 es definido como *esta propia serie.* Es decir, $\sqrt{2}$ es definido como la serie de todos los números racionales cuyos cuadrados no llegan a 2. No cabe duda de que tal cosa como $\sqrt{2}$, así definida, existe, pues, naturalmente, números racionales son 1 y 2, y 1,2 y 1,5, etc. También es verdad que los cuadrados de algunos de ellos no llegan a 2, que los cuadrados de otros son mayores de 2 y que el cuadrado de ninguno de ellos equivale a 2. Por tanto, es evidente que existe una clase determinada de racionales cuyos cuadrados no llegan a 2, y que dicha clase tiene un número infinito de miembros. También es evidente que los números de esta clase forman una serie cuando se colocan en orden de magnitud. Así, pues, no cabe ninguna duda acerca de la existencia de la serie que, así considerada, significa $\sqrt{2}$.

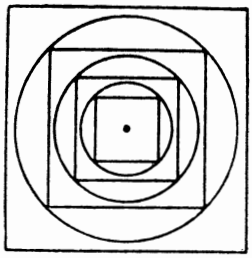
Pero la dificultad con que se tropezará al principio será diferente.

El lector tenderá a afirmar: «No dudo de que existe $\sqrt{2}$ como usted lo define; lo que sí dudo es si, tal como usted lo define, es lo mismo que yo u otra persona cualquiera quiere decir con $\sqrt{2}$. Yo entiendo por $\sqrt{2}$ cierto número de una clase peculiar, no una serie de números o de otra cosa cualquiera». La respuesta a esa dificultad es que la serie de esta clase servirá para todos los propósitos en los que se utilizan los irracionales, como $\sqrt{2}$ y $\sqrt{3}$, en las Matemáticas. Uno puede definir la adición y la multiplicación mediante tales series, las cuales tienen exactamente las mismas propiedades lógicas que la adición y la multiplicación de enteros o de fracciones de racionales. Finalmente, tomando esta definición de $\sqrt{2}$ uno puede dar un significado completamente preciso a la afirmación de que la longitud de la diagonal de un cuadrado, cuyo lado tiene una unidad de largo, está representada por $\sqrt{2}$. Por tanto, la situación es la siguiente: la definición de irracionales define algo que, evidentemente, existe. Y este algo contiene todas las propiedades esenciales y jugará el papel de los irracionales. La única objeción a esto es que resulta paradójico, por cuanto atribuye una estructura interna compleja a irracionales que no sospechábamos la tuvieran. Mas la objeción no tiene en realidad importancia, debido al principio general según el cual en la ciencia sólo hacen al caso las propiedades lógicas de las relaciones en nuestros términos, y no su lógica estructura interna. Dicha objeción constituye solamente una preocupación que deberá superarse, del mismo modo que nuestra sensación de que los habitantes de Australia están colgados precariamente de la tierra por succión, como las moscas en el techo.

Ahora trataremos la dificultad sobre los puntos de una manera exactamente igual. Nos gustaría poder afirmar que los puntos son los límites de una serie de volúmenes cada vez más pequeños, uno dentro del otro, como si fueran cajas chinas. Mas no podemos tener seguridad alguna en que tales series tengan límites y que, por tanto, así definidos, los puntos existan. No cabe duda de que tales series existen por sí mismas; mediante la percepción corriente llegamos a conocer sus términos más cercanos y mayores, y la suposición de que el Espacio es continuo garantiza los segundos. Al estudiar el caso detenidamente observamos que parte de la propia naturaleza de cualquier área o volumen consiste en tener partes que son en sí mismas áreas o volúmenes. Por consiguiente, definimos audazmente los puntos no como los límites de tales series, sino como las propias series en sí. Esto corresponde exactamente al procedimiento adoptado para definir los irracionales.

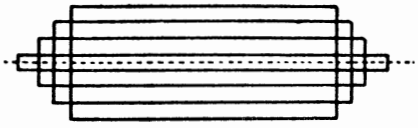
Al definir los puntos existen también ciertas dificultades adicionales de detalle que no surgen al definir los irracionales. Me limitaré a mencionarlas e indicaré al lector que recurra a Whitehead para hallar la completa solución de las mismas. 1) Pueden existir gran número de diferentes series de volúmenes convergentes, los cuales diríase corrientemente que convergen en el mismo punto. El diagrama

ilustra esto, aplicado a áreas donde la serie de círculos y la serie de cuadrados pueden ser utilizados por igual para definir el punto que constituye su centro común. Naturalmente, el punto no puede ser justamente identificado como una de estas series en vez de con la otra.



Por ello, definimos el punto no como cualquiera de estas series de volúmenes convergentes, sino como la clase de todos los volúmenes en cualquiera de las series que, según se dice generalmente, convergen en el punto. 2) No todas las series de volúmenes convergentes convergen en puntos; algunos convergen en líneas y otros en áreas. Más abajo figura un ejemplo ilustrado de una serie de áreas convergentes en una línea recta. (Debe tenerse en cuenta que, pese a que por hacer los dibujos más sencillos utilizo siempre series de *áreas*, el problema fundamental son las series de *volúmenes*, y las áreas necesitan ser definidas lo mismo que los puntos y las líneas.)

No obstante, el problema general es siempre el mismo. Puntos, líneas rectas y áreas, todos ellos son definidos como series de volúmenes convergentes. Pero las series que definen los puntos difieren en ciertas formas asignables de aquellas que definen las líneas rectas y, a su vez, éstas difieren en ciertas formas asignables de aquellas que definen las áreas. La percepción corriente nos facilita ejemplos de cada clase de series y la única dificultad reside en exponer, mediante términos lógicos y metódicos, estas diferencias que todos podemos ver y sentir vagamente. Hacer esto comporta, claro está, un gran esfuerzo, pero



puede llegar a hacerse y se ha hecho. Muchas de estas complicaciones adicionales surgen porque el espacio tiene tres dimensiones, mientras que la serie de números efectivos solamente tiene una. Consecuentemente, en materia de historia los momentos de Tiempo fueron definidos de estas formas antes que los puntos de Espacio. El Tiempo forma una serie de una dimensión, lo mismo que los números efectivos, y, por tanto, para la aplicación de este método presenta un problema más fácil que el Espacio.

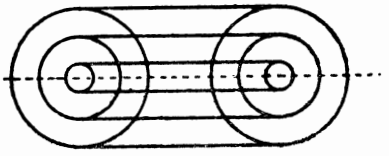
Antes de seguir más adelante trataré de eliminar una legítima duda que probablemente tienen los lectores más esmerados y para quienes el tema es nuevo. Muchos de ellos dirán: «No hay duda de que esto es muy ingenioso, pero ¿no estamos simplemente dando vueltas a un círculo? ¿No puede resumirse la teoría diciendo que los puntos son aquellas series de volúmenes que convergen en puntos? Si es así, ¿no estamos, sencillamente, utilizando la noción de punto

para definirlo?». De estar bien fundada, ésta sería, naturalmente, una objeción fatal, pero la realidad es que no lo está. La teoría puede resumirse a grandes rasgos afirmando que un punto es una serie de volúmenes que, podría decirse, *generalmente convergen* en dicho punto. La cuestión reside en si la frase corriente de «convergentes en el punto *p*» implica una referencia a los puntos. Si es así, la definición de puntos resulta circular e inútil; de no ser así, en la teoría no habrá tal círculo vicioso. Ahora bien, lo esencial de la teoría es que pueda establecer el significado de frases tales como «convergentes en un punto» en términos que no impliquen más que volúmenes y sus relaciones mutuas. Podemos ver ciertas series de volúmenes afirmando que «convergen en un punto», como, por ejemplo, una serie de esferas concéntricas. Vemos también otras series de volúmenes de las que no afirmamos lo anterior. He aquí una diferencia perceptible en objetos perceptibles. Esta diferencia, que puede verse y sentirse, debe poder ser expresada en términos de volúmenes y sus relaciones mutuas. No puede, en absoluto, implicar una relación con algo que no puede verse ni sentirse, como ocurre con un punto. Por ello, mantenemos que una serie de volúmenes convergen en un punto sencilla y simplemente debido a ciertas relaciones que existen entre los volúmenes de esta serie. Estas relaciones, así como sus términos, son perceptibles, y es así como llegamos a distinguir dos series de ese tipo. Sólo resta exponer las diferencias de relación que, según hemos podido comprobar, pueden verse y sentirse en términos precisos, que puedan ser comprendidos por el intelecto. Esto lo efectúa la siguiente teoría: Por ejemplo, una serie de conos unifocales podría definirse como uno solo cuyos miembros se cortan mutuamente en los ángulos rectos; esta definición no hace mención de su foco común, sino que menciona simplemente una relación mutua que los miembros de dicha serie comporta. Por consiguiente, en la definición de los puntos mediante este método no existe circularidad.

El método al que nos hemos referido brevemente, y gracias al cual los conceptos exactos de la ciencia se definen en términos de objetos perceptibles y sus relaciones perceptibles, lo llama Whitehead *Principio de la Abstracción Extensiva.* Ahora podemos plantear la pregunta: ¿Es que los puntos, líneas, etc., según los define la *Abstracción Extensiva*, cumplen los requisitos que les atribuimos al principio? En primer lugar, establecimos que deben tener mutuamente la misma clase de relaciones que, según se afirma, mantienen mutuamente los puntos, etc., en Geometría. Por ejemplo, dos puntos deben circunscribirse a una sola relación con ciertas propiedades lógicas, es decir, la línea recta que los une. Las líneas rectas intersecas deben definir planos, etc. Los puntos, las líneas rectas y los planos, como han sido definidos anteriormente, tienen, indudablemente, relaciones mutuas de esta clase. La demostración detallada debe, en este caso, basarse en la confianza, mas daré un ejemplo para indicar a grandes rasgos la forma en que se producen dichos resultados. Tomemos dos series diferentes de esferas concéntricas, situadas en lugares distintos. Escojamos cualquier esfera de cada una de las series y veremos que existe

entre ellas cierta relación perceptible imperfecta. Por ejemplo, como muestra el siguiente diagrama, habrá un volumen que las una y las contega a ambas, pero que no contendrá en su totalidad ningún par de esferas mayores de las dos series, sino, a todo lo más, cualquier par de esferas más pequeñas de las dos series.

Llamemos a esto el *volumen contenedor* del par seleccionado. A medida que tomamos unos pares cada vez más pequeños de esferas de ambas series resulta fácil ver que los volúmenes contenedores correspondientes forman una serie de cajas chinas del tipo corriente. Ahora bien, esta serie de volúmenes contenedores es, naturalmente, de la clase que define una línea recta. Nuestras dos series de esferas son

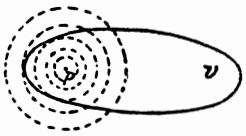


de la clase que definen puntos; los puntos que éstas definen son lo que corrientemente llamamos los centros de los dos sistemas. Y resulta fácil observar a grandes rasgos que la línea definida por la serie de volúmenes contenedores es lo que llamamos la línea que une los dos centros. Está claro que para el exacto cálculo matemático se necesita mucho más afinamiento, mas espero que el ejemplo sea suficiente para mostrar a grandes rasgos cómo los puntos, según los hemos definido, determinan líneas rectas tal y como las hemos definido.

La segunda condición que deben cumplir los puntos es que sea posible dar un significado claro a la afirmación de que los volúmenes y áreas finitos pueden ser totalmente analizados en grupos de puntos. Ahora podemos ver inmediatamente que, *cualquiera* que sea el punto, éste no podrá ser parte de un volumen en el sentido de que un volumen pequeño puede ser parte de uno mayor. Este último constituye la relación fundamental; se mantiene sólo entre volúmenes finitos y es perceptible. En este sentido los puntos, como quiera que sean definidos, no pueden ser partes de volúmenes. Si dividimos un volumen, por muy grande que éste sea, no obtendremos más que volúmenes más pequeños. Si ponemos juntos cuantos puntos queramos (si es que esto nos conduce a algo) no obtendremos ningún volumen, por pequeño que sea. En realidad, la noción de «juntar» puntos es absurda, ya que trata de aplicar a los puntos una relación que solamente puede existir entre volúmenes o áreas. Juntar significa colocar de tal forma que los bordes se toquen; y un punto, que no tiene ni área ni volumen, no puede tener bordes. Así vemos que, cualquiera que sea la definición que demos de los puntos, no podemos esperar que sean partes de volúmenes en el mismo sentido directo en que puede afirmarse que el Gran Patio forma parte de los edificios del Trinity College. Por consiguiente, no constituye una objeción particular a nuestra definición de los puntos el que éstos, según nosotros

los definimos, no puedan ser partes de volúmenes en un sentido directo.

El sentido en que un punto *p* está contenido en un volumen *v* es aproximadamente el siguiente: Afirmamos que *p* está contenido en *v* si, después de haber sido alcanzado cierto volumen de la serie que define *p*, todos los subsiguientes volúmenes de esta serie son partes, en el sentido directo, del volumen *v*. El diagrama ilustra esta definición.



El sentido en que cualquier volumen puede ser exhaustivamente analizado en puntos es aproximadamente el siguiente: Cualquier par de volúmenes que estén contenidos en *v*, pero ninguno de ellos contenido totalmente en el otro, pertenecen a la serie que define directamente diferentes puntos, ambos contenidos en *v*, en el sentido que acabamos de definir. Naturalmente, estas dos definiciones necesitan un mayor pulimiento para que cubran todos los casos que puedan surgir.

Ahora bien, ¿ qué es precisamente lo que se logra con todo esto? Hemos mostrado la conexión exacta entre lo que podemos percibir y percibimos, pero que no podemos abordar matemáticamente, y lo que podemos abordar y abordamos matemáticamente, pero no podemos percibir. Nosotros percibimos volúmenes y superficies, y percibimos ciertas relaciones que existen entre ellos; por ejemplo, que se cortan, que uno está contenido en el otro, o que están separados o están ambos contenidos en algún tercer volumen o superficie. No podemos percibir los puntos sin el volumen ni las líneas sin anchura, en los mismos términos en que la Geometría y la Física los enuncian y elaboran. Por una parte, no podemos transformar en absoluto la Geometría en una ciencia deductiva, excepto en términos de puntos, etc. Por otra parte, preferiríamos aplicar la Geometría al mundo actual y no considerarla como un simple cuento de hadas matemático. Por consiguiente, es esencial esclarecer la conexión entre lo que percibimos, pero que no podemos abordar directamente en forma matemática, y lo que no podemos percibir, pero sí podemos abordar matemáticamente. Y esto es lo que hemos tratado de hacer, siguiendo el método de la *Abstracción Extensiva* establecido y elaborado por Whitehead.

Me da la sensación de que cuanto más reflexionamos más claramente vemos la necesidad de seguir un curso como el que hemos seguido, si es que debe justificarse la aplicación de la Geometría (y también de la Mecánica racional) al mundo real. El mundo de las Matemáticas puras, con sus puntos, líneas rectas y planos, sus partículas, instantes y configuraciones momentáneas, tiene una apariencia de suavidad y pulcritud no naturales en comparación con la tosca complejidad del mundo perceptible. Sin embargo, las leyes de la Geometría y de la Mecánica surgen del estudio de ese mundo, volviendo a él en la forma de Matemáticas aplicadas. Mi propósito ha sido mostrar a grandes rasgos cómo todo ello está relacionado, con la esperanza de que el lector sienta un estímulo para consultar a las

primeras autoridades, a fin de aprender cómo el mismo método establece esta conexión en sus más mínimos detalles.

Probablemente, el lector seguirá teniendo aún dos dudas.

1) Quizá diga: «Durante miles de años el hombre ha utilizado y ha aplicado la Geometría, y, sin embargo, desconocía por completo estas definiciones de puntos, líneas rectas y planos». Yo considero que esta opinión es perfectamente justa y que, además, ilustra perfectamente la diferencia entre las ciencias especiales y la Filosofía criticista. Evidentemente, el hombre utilizaba conceptos de punto y línea recta, y, además, los utilizaba correctamente, como los resultados muestran. Pero también es cierto que tenía unas ideas extremadamente confusas sobre lo que quería decir por puntos y líneas rectas, no pudiendo explicar por qué una Geometría establecida sobre estos términos y en sus relaciones podía aplicarse de manera tan exacta a un mundo en que ninguno de estos términos era perceptible. Precisamente corresponde a la Filosofía criticista no mostrar contentamiento ante la afortunada utilización de tales conceptos, sino desentrañar su significado para poder así determinar los límites dentro de los cuales pueden ser aplicados con toda seguridad.

2) La segunda pregunta que puede hacerse es la siguiente: «¿Realmente existen puntos, líneas rectas, etc., en el mismo sentido que existen los volúmenes, o son meramente ficciones convenientes o quizá indispensables?». Considero que esto constituye un punto importante sobre el cual, incluso autoridades como el señor Russell, hablan a menudo con un tono extrañamente indeciso. (Probablemente, el señor Russell llama «ficciones» a ciertas cosas que, según él, pueden ser definidas de esa forma, con los mismos motivos que condujeron al señor Pope, según el doctor Johnson, a escribir las líneas:

> Dejad al modesto FOSTER, si así lo desea,
> superar a diez metropolitanos en sus sermones.

Creo que a esta pregunta podría responderse de la forma siguiente: Los puntos, etc., según los hemos definido, no son ficciones; no los crean nuestras mentes, sino que éstas los descubren, del mismo modo que América fue descubierta y no creada por el viaje de Colón. Por otra parte, no existen exactamente en el mismo sentido en que existen los volúmenes finitos. Son efectivos en su propia clase, pero ésta es una clase distinta a la de los volúmenes. No se debe a una mera limitación accidental de nuestros sentidos el que no percibamos los puntos y las líneas rectas de los geómetras, si bien vemos y sentimos volúmenes. Los sentidos sólo pueden percibir particularidades y los puntos no son particularidades, sino clases de series de volúmenes, o, para ser más exactos, las sumas lógicas de dichas clases. Los volúmenes y las series de volúmenes que definen los puntos existen literalmente, y los primeros y sucesivos términos de estas series pueden ser percibidos. En sí, los puntos son funciones lógicas bastante complejas de dichas series. Existen en el sentido de que son funciones determinadas de auténticas series de particularidades que realmente existen.

Quizá una ilustración de otro tipo esclarecerá más aún su forma de ser. La curva llamada *cicloide* la traza un punto sobre la circunferencia de un círculo cuando éste gira sobre una línea recta. Los arcos del puente de Westminster son cicloidales y, por tanto, pueden mirarse como ocasionados por el recorrido de cierto círculo sobre una línea recta. Ahora supongamos que nos preguntan si este círculo realmente existe o si es una mera ficción. En cierto sentido, yo respondería que no existe. Que yo sepa no hubo ningún círculo físico en toda la historia mundial que hiciera un recorrido sobre un borde físico derecho para producir los arcos del puente de Westminster. Por otra parte, el círculo no es una mera ficción. Los arcos cicloides realmente existen, y el círculo que les corresponde está totalmente determinado por la forma y tamaño de estos arcos. Esta conexión es un hecho real, absolutamente independiente de nuestras mentes y de las operaciones de las mismas. Por consiguiente, afirmo que el círculo existe, en el sentido de que es una función determinada de los arcos, los cuales existen en el sentido corriente. Los puntos, las líneas rectas, etc., según los hemos definido, existen en el mismo sentido que el círculo determinado por los arcos del puente de Westminster; las series particulares de volúmenes que definen los puntos existen en el mismo sentido que los propios arcos.

Otras obras que pueden consultarse con provecho son las siguientes:

A. N. WHITEHEAD, *Principles of Natural Knowledge*, parte III; *Concept of Nature*, capítulo IV.

El problema general de Tiempo y Cambio

> Alice sighed wearily. «I think you might do something better with the time,» she said, «than waste it asking riddles with no answers.»
>
> «If you knew Time as well as I do,» said the Hatter, «you wouldn't talk about wasting *it*.»
>
> (LEWIS CARROLL, *Alice in Wonderland.*)

Hasta ahora hemos dicho todo lo que de provecho se puede aducir respecto al Espacio, antes de abordar sus relaciones con el Tiempo y la Materia. Por lo menos, hemos expuesto cómo los puntos, líneas, planos, etc., conceptos que son necesarios cualquiera que sea la opinión definitiva que tengamos del Espacio, se hallan conexos a los imperfectos e inacabados hechos que podemos percibir. Sin embargo, no hemos explicado por qué se supone que existe un solo Espacio en el que están ubicados todos los acaecimientos de la Naturaleza ni cómo las cosas ocupan lugares asignados en él; esto solamente podrá explicarse más adelante. Por el momento, considero oportuno referirnos a los conceptos de Tiempo y Cambio, ya que éstos se encuentran en un mismo nivel de consideración.

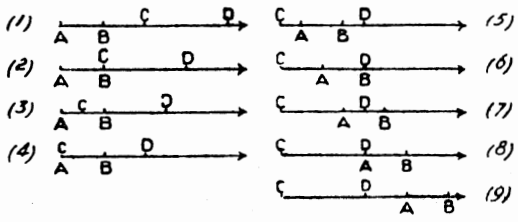
A primera vista, los problemas relacionados con el Tiempo parecen muy similares a los relacionados con el Espacio, salvo que la única dimensión del Tiempo promete menos dificultades en comparación con las tres dimensiones del Espacio. Empezaremos por señalar estas analogías, mas encontraremos que resultan algo superficiales y que, en realidad Tiempo y Cambio son temas en extremo complejos y en los que las analogías espaciales no son de gran ayuda.

El físico concibe el Tiempo más o menos de la misma forma que concibe el Espacio. Exactamente igual que hace la distinción entre el Espacio y la Materia en él, el físico distingue el Tiempo de los acontecimientos. De nuevo vemos que la *mera* diferencia de posición en el Tiempo no comporta consecuencias físicas. Es verdad que si salgo a la calle sin abrigo a las dos de la mañana, probablemente cogeré un catarro; mientras que si hago lo mismo a las dos de la tarde, probablemente no me pondré enfermo. Pero esta diferencia nunca se atribuye a la mera diferencia de tiempo, sino al hecho de que diferentes condiciones de temperatura y humedad serán contemporáneas a mis dos salidas. Además, se considera que el Tiempo, como el Espacio, es continuo; y los físicos suponen (o, por lo menos, suponían hasta hace poco) que existe una única serie de Tiempo en la que tienen lugar todos los acontecimientos de la Naturaleza. Esta serie tiene una dimensión, por lo que, según podemos apreciar por ahora, el Tiempo es como un Espacio muy sencillo integrado por una sola línea recta.

De la misma forma que discurrimos sobre la Geometría en términos de puntos no prolongados y sus relaciones, discurrimos sobre

nuestra cronometría en términos de momentos sin duración y *sus* relaciones. La duración en el Tiempo corresponde a la extensión en el Espacio. Y del mismo modo que nunca percibimos puntos ni incluso partículas no extendidas, tampoco nos damos cuenta de los momentos o de los acontecimientos momentáneos. De lo que nos damos cuenta es de los acontecimientos finitos de varias duraciones. Por *acontecimiento* querré decir de ahora en adelante cualquier cosa que tenga duración, sea cual sea el tiempo que perdure, ya bien sea cualitativamente igual o cualitativamente diferente en etapas adyacentes de su historia. Esto es contrario al uso corriente, pero el uso corriente no tiene nada de recomendable en esta cuestión. Generalmente, llamamos acontecimiento a un relámpago o a un accidente de automóvil, y nos negamos a aplicar este nombre a la historia de los acantilados de Dover. Mas la única diferencia que hace al caso entre el relámpago y los acantilados es que el primero dura poco tiempo y los segundos mucho tiempo. Y la única diferencia entre el accidente y los acantilados es que si se cortan secciones sucesivas de un segundo de duración en las historias de ambos, el contenido de un par de secciones adyacentes será muy diferente en el primer caso, pero muy similar en el otro. Estas meras diferencias cuantitativas no constituyen base alguna para llamar acontecimiento a un trozo de historia y negarse a llamar de la misma forma a otro trozo de historia.

Ahora bien, las relaciones temporales que percibimos entre los acontecimientos son similares a las reacciones de sobrepuestos parciales o completos que podemos percibir en el caso de dos objetos prolongados, como, por ejemplo, un par de varas. Las posibles relaciones de Tiempo entre dos acontecimientos pueden ser totalmente representadas mediante una sola línea recta, estableciendo de «izquierda a derecha» el equivalente a «antes y después» y tomando dos trechos sobre esta línea que representen un par de acontecimientos finitos. Supongamos que AB y CD son dos acontecimientos y que el segundo tiene más duración: las posibles relaciones temporales entre los dos están representadas en las siguientes nueve figuras:



Las clases más generales de relación entre acontecimientos finitos son las de precedencia parcial y subsecuencia parcial; las demás pueden ser definidas en los límites de éstas. De estos inacabados hechos perceptibles y de sus imperfectas relaciones perceptibles pueden obtenerse los conceptos de los acontecimientos momentáneos y de los momentos, y determinarse exactamente sus relaciones mediante el Método

de la Abstracción Extensiva. Considero, como detalle histórico, que una de las primeras aplicaciones de este método que tuvieron éxito, precisamente sobre este problema, fue llevado a cabo por el doctor Norbert Wiener.

Los motivos que nos conducen a aplicar la Abstracción Extensiva al Tiempo son los mismos que nos llevaron a aplicarla al Espacio. En tanto que científicos, nuestro principal interés es descubrir las leyes que relacionan acontecimientos de una clase con acontecimientos de otras clases en tiempos distintos. Lo mismo que las relaciones geométricas de volúmenes finitos, como tales, son de una complejidad inmanejable, otro tanto ocurre con las relaciones causales de acontecimientos de duración finita. No existe ninguna relación simple entre el contenido de una hora y el contenido de otra. Pero cuanto más cortos hacemos nuestros acontecimientos más sencillas se hacen las relaciones entre ellos. Así, finalmente, establecemos nuestras leyes en términos de los llamados «acontecimientos momentáneos» y sus relaciones exactas, y «analizamos» acontecimientos finitos en grupos de acontecimientos momentáneos, explicando sus relaciones en términos de aquellas de sus «partes» momentáneas. Todo lo dicho hasta ahora sobre este método en Geometría es, *mutatis mutandis*, aplicable a su utilización en la Física. Los «acontecimientos» momentáneos no son realmente acontecimientos, como tampoco los puntos son pequeños volúmenes. Un acontecimiento momentáneo no es «parte» de otro finito en el sentido directo en que el acontecimiento de un minuto es parte del acontecimiento que dura cierta hora. El significado de todos estos conceptos y de sus relaciones debe ser expuesto en términos de entes perceptibles y *sus* relaciones mediante la Abstracción Extensiva.

Lo que acabamos de mencionar está excelentemente ilustrado por la Mecánica. Lo que queremos examinar son los movimientos de cuerpos finitos, como, por ejemplo, las ruedas y los planetas; y deseamos examinar también sus cambios de posición y movimiento durante largos períodos de tiempo. Para poder efectuar esto debemos, ante todo, analizar los cuerpos finitos en partículas no prolongadas, para después analizar los acontecimientos finitos en acontecimientos momentáneos. Las leyes de la Mecánica son sólo sencillas cuando establecen relaciones entre configuraciones momentáneas de un grupo de partículas y una configuración anterior o ulterior del mismo grupo o de otro grupo de partículas. La laguna entre los hechos perceptibles, que tratamos de describir y pronosticar, y los conceptos y relaciones imperceptibles, en términos en que debemos examinar los hechos, es superada por la Abstracción Extensiva, aplicada tanto a la extensión del Espacio como a la duración del Tiempo. La Mecánica es, como si dijésemos, una clase de Geometría de los acontecimientos, la cual debe tener en cuenta tanto sus características espaciales como temporales. La Geometría resulta una clase de Mecánica cuando nos limitamos a un solo momento y omitimos las características temporales de los acontecimientos. Estas son, naturalmente, sólo imprecisas declaraciones generales, pero que quizá sean ilustradoras; más adelante serán explicadas con mayor detalle.

Hasta ahora la analogía entre Tiempo y Espacio parece haber tenido un buen resultado. La duración ha correspondido a la longitud; antes y después ha correspondido a la derecha e izquierda; y la simultaneidad a la completa superposición mutua. Pero si reflexionamos un poco más, veremos que la analogía entre antes y después y derecha e izquierda no es tan ilustradora como aparece a primera vista. La peculiaridad de una serie de acontecimientos del Tiempo no es sólo que ésta tenga un *orden intrínseco*, sino también un *sentido* intrínseco. Tres puntos sobre una línea recta tienen un orden intrínseco; por ejemplo, B está entre A y C, o C está entre B y A, o A está entre C y B. Este orden es independiente de cualquier referencia tácita a algo que atraviese la línea en una determinada dirección. Por diferencia de sentido quiero decir la clase de diferencia que existe entre, digamos, ABC y CBA. Ahora bien, los puntos sobre una línea recta no tienen sentido intrínseco. Solamente se les asigna un sentido por correlación con las manos derecha e izquierda de un observador imaginario, o pensando en un objeto móvil que atraviesa la línea de forma tal que su presencia en A se efectúe antes que su presencia en B, y en ésta antes que en C. En realidad, si queremos utilizar una analogía espacial con el Tiempo no basta utilizar una línea recta; necesitamos una línea recta con un sentido fijo, es decir, lo que generalmente representamos mediante una línea que termina en forma de flecha. Ya hemos visto que los puntos sobre una línea recta no tienen ningún sentido intrínseco, por lo que el significado de la flecha sólo lo proporciona una referencia de algo que se encuentra en un punto *antes* de llegar a otro. Por consiguiente, tratar de comprender antes y después por analogía con una línea recta resulta, al final, un círculo vicioso, ya que la línea sólo adquiere su sentido mediante una correlación tácita con una serie de acontecimientos en el Tiempo.

El sentido intrínseco de una serie de acontecimientos en el Tiempo está esencialmente unido a la distinción entre pasado, presente y futuro. A precede a B porque A es pasado cuando B es presente. Nos podemos preguntar si existe alguna analogía espacial con el pasado, el presente y el futuro. Hallaremos que sí la hay, pero que, una vez más y en definitiva, no es útil, ya que implica una referencia a estas características temporales que precisamente debe esclarecer. Existe una evidente analogía entre *Ahora* en el Tiempo y *Aquí* en el Espacio.

Aquí es, en primer lugar, el nombre de cierta región en cualquier cosa continua de posibles posiciones adoptadas por el cuerpo humano. Cuando *Aquí* es utilizado como predicado, al decir, por ejemplo, «tal y tal cosa está aquí», queremos decir que tal y tal cosa está en una región cuyos límites podemos alcanzar andando un poco o no moviéndonos en absoluto. La peculiaridad de *Aquí* es su peculiar ambigüedad. *Aquí*, según lo utilizo yo, se sobrentiende que describe una región distinta a la que describe la misma palabra utilizada por ustedes. Al utilizarla yo significa «cerca de mí»; al utilizarla ustedes significa «cerca de ustedes». Así vemos que es una palabra que tiene un significado parcialmente diferente al ser utilizada por diferentes observa-

dores, y esto porque una parte esencial de su significado es una relación respecto al observador que la utiliza en cada caso.

No obstante, debemos señalar que *Aquí* tiene una segunda ambigüedad. No sólo tiene un significado distinto al ser utilizada al mismo tiempo por mí y por ustedes, sino que también tiene un significado diferente al ser utilizada por mí y por ustedes en diferentes tiempos. Por *Aquí* quiero decir siempre la región que está cerca de mí en el momento de hablar. Esta diferencia de significado en dos momentos *no debe* traicionarse a sí misma debido a una diferencia de aplicación, aunque esto ocurre a menudo. Si permanezco quieto durante cinco minutos la región que yo llamo *Aquí* será al final de los cinco minutos la misma que llamo *Aquí* al principio; pero si me he movido la diferencia en el significado irá también acompañada de una diferencia en su aplicación.

Podemos, naturalmente, extraer un significado general de *Aquí:* significa «cercanía a un observador que utiliza la palabra «aquí» en el momento en que la utiliza». Pero *Aquí* es una expresión descriptiva con una doble ambigüedad, ya que se refiere tanto a una determinada persona como a una fecha determinada de la Historia, no llegando a ser precisa hasta que estos dos blancos han sido llenados por el contexto.

Es evidente que *Aquí* no nos va a ayudar a comprender *Ahora,* en vista de que contiene una referencia esencial a *Ahora.* Por tanto, debemos examinar el pasado, el presente y el futuro por su propia explicación sin esperar ninguna ayuda de analogías espaciales. El presente tiene una ambigüedad sistemática como la que registramos en *Aquí.* Lo que ahora no discutiré es si contiene una referencia esencial al observador que la utiliza en cada caso. La opinión tradicional es que se mantiene neutral entre varios observadores, pero más adelante veremos las razones que llevan a dudar de esta opinión. Como quiera que sea, es ciertamente ambiguo en otro caso. Todo lugar adonde el cuerpo de un observador puede trasladarse es un posible *Aquí.* De la misma forma, todo acontecimiento es, ha sido y será *Ahora,* según la opinión corriente, siempre que sea lo suficientemente corto para poder ser incluido en lo que los psicólogos llaman *Presente Especioso.*

Naturalmente, nos atrae la idea de considerar la historia del mundo como si existiera eternamente en un determinado orden de acontecimientos. Paralelamente, y en una dirección determinada, nos imaginamos que el movimiento constituye la característica del presente, algo así como el haz de luz de la linterna de un policía cuando recorre las fachadas de una calle. Lo que está siendo iluminado es el presente, lo que ha sido iluminado es el pasado y lo que aún no ha sido iluminado es el futuro. El hecho que el haz tenga un área finita quiere decir que el Presente Especioso no es un mero punto, sino que tiene una duración, aunque corta, finita. Tales analogías pueden ser útiles para algunos propósitos, pero está claro que no explican nada. De esto se deduce que las series de acontecimientos tienen un orden intrínseco, pero no un sentido intrínseco. El acontecimiento adquiere un sentido, y entonces podemos referirnos a un acontecimiento ante-

rior a otro, y no meramente a un acontecimiento que se halla entre otros dos, porque la característica de presente *se mueve* a lo largo de la serie en una dirección determinada. Pero, en primer lugar, la ilustración de la característica de presente, ahora en un acontecimiento y después en otro, es en sí un acontecimiento, y debe ser él mismo una parte de la serie de acontecimientos y no simplemente algo que le ocurre a dicha serie desde fuera. Además, si los acontecimientos no tienen sentido intrínseco, sino únicamente un orden intrínseco, ¿qué significado podemos dar a la afirmación de que la característica de presente recorre la serie de acontecimientos *en una dirección determinada?* Lo más que queremos decir es que cuando esta característica está *presente* en B ya es *pasado* en A. Por consiguiente, todos los problemas que la analogía con la linterna del policía debía resolver son sencillamente tomados de otros acontecimientos que deben ser superpuestos en dicha serie particular de acontecimientos que constituye el movimiento de la linterna.

Las dificultades con que hemos tropezado en esta particular analogía son muy variadas. Por ejemplo, es extremadamente seductor el tratar de resolver la diferencia entre pasado, presente y futuro transformándola en diferencias de las relaciones cognoscitivas de nuestras mentes respecto a diferentes acontecimientos de una serie que tiene orden intrínseco pero no sentido intrínseco. Limitémonos, para ser más sencillos, a acontecimientos que son del conocimiento de un determinado observador O. Indudablemente, O tiene una clase diferente de relación cognoscitiva hacia aquellos acontecimientos que él denomina *presentes* de aquellos que él denomina *pasados* y de los que denomina *futuros*. Acerca de los acontecimientos futuros O solamente puede adivinar o hacer inferencias por analogía con el pasado. El puede percibir directamente con sus sentidos algunos de los acontecimientos presentes. Algunos de los acontecimientos pasados los conoce por memoria directa, la cual constituye una clase de experiencia muy diferente a la percepción mediante los sentidos. Esto nos lleva a suponer que aquéllos no son únicamente interesantes *hechos* yuxtapuestos al pasado, el presente y el futuro, sino que son lo que queremos decir por estas tres distinciones temporales. ¿Puede aplicarse tal teoría?

Naturalmente, no podemos simplemente definir un acontecimiento como presente para O si O puede percibirlo o si es contemporáneo a algo que O puede percibir. Esto nos llevaría a tener que definir un acontecimiento como pasado para O si O no puede percibirlo, pero sí recordarlo, o recordar algo contemporáneo a dicho acontecimiento. Pues bien; todo acontecimiento que sea del conocimiento de O tendrá estas dos relaciones incompatibles con respecto a O; aunque, según lo hemos expuesto, las mantendrá en tiempos diferentes. Primero, puede percibir el acontecimiento, pero no recordarlo, y después puede recordarlo, pero no percibirlo. De ahí que estas dos características cognoscitivas no sean suficientes para distinguir un acontecimiento pasado de uno presente, ya que todo acontecimiento que O conoce mantiene estas *dos* relaciones hacia él. Si, además, añadimos que un acontecimiento siempre tiene la relación perceptiva hacia O antes de

que éste tenga la relación de memoria, querremos decir que el acontecimiento de recordar algo es presente cuando el acontecimiento de percibirlo es pasado, y simplemente habremos definido el presente y el pasado de los objetos de O en términos de presente y pasado de sus *actos* cognoscitivos. Si después tratamos de definir estos últimos en términos de las diferentes relaciones hacia los actos de introspección de O, simplemente comenzaremos una regresión infinita, en la que el pasado y el presente permanecen obstinadamente indefinidos en cualquier lugar que decidamos detenernos.

De esto no se desprende, naturalmente, que el pasado y el presente de la *naturaleza externa* no pueda ser reducible a ciertas relaciones entre acontecimientos objetivos y mentes que los observan; lo que sí se desprende es que estas características no pueden ser analizadas independientemente de la *realidad como un todo único*, en la que están incluidas la observación de las mentes, así como lo que éstas observan.

La dificultad sobre el pasado, el presente y el futuro en general puede resumirse en dos paradojas estrechamente relacionadas. 1) Cualquier acontecimiento tiene todas estas características, que son, sin embargo, mutuamente incompatibles. 2) Los *acontecimientos* cambian según transcurre el tiempo con respecto a estas características. Ahora parece que comprendemos el cambio en *cosas;* pero hablar de *acontecimientos* que cambian parece algo casi ininteligible. La relación entre las dos paradojas surge, claro está, al meternos directamente en la segunda cuando intentamos evitar la primera.

Contamos con mucha experiencia de cosas que parecen tener características incompatibles, tales como rojo y verde, o grande y pequeño. Por lo general, eliminamos esta aparente incompatibilidad señalando que los hechos han sido expuestos elípticamente y que realmente existe una relación. En el primer ejemplo decimos que lo que ha sido omitido es la relación a dos tiempos diferentes. En realidad, la cuestión estriba en que la cosa es en un momento roja y en otro verde, y en esto no hay incompatibilidad. En el segundo ejemplo no tenemos incluso necesidad de mencionar la relación a dos tiempos diferentes. Es suficiente señalar que los propios atributos grande y pequeño asumen tácitamente relaciones, es decir, que la cosa resulta en un momento grande en comparación con otro objeto y pequeña en comparación con otro. Siempre procedemos en una de estas dos formas cuando tenemos que analizar la aparente coherencia de atributos incompatibles en un solo objeto. Nosotros, naturalmente, utilizamos uno de estos dos recursos para analizar el hecho de que cada acontecimiento tiene pasado, presente y futuro, y que estos atributos son incompatibles.

Parece natural e infantil abordar el problema en la forma en que hemos examinado la cosa que era tanto roja como verde. Cuando decimos «naturalmente, el acontecimiento A tiene devenir durante un cierto espacio de tiempo, luego tiene actualidad durante un corto espacio subsiguiente y tiene anterioridad en todos los demás momentos», surge la pregunta: «¿Podemos examinar el *cambio* de un acontecimiento respecto a sus cualidades *temporales* de la misma forma que el cambio de una *cosa* respecto a cualidades tales como rojo y verde?».

Para responder a esta pregunta debemos tratar de ver qué queremos decir cuando afirmamos que cierta cosa C cambia de rojo a verde. En mi opinión, lo que queremos decir es lo siguiente: En la historia del mundo existe cierto acontecimiento de larga duración. Este destaca de otros acontecimientos que se sobreponen a aquél, bien por entero o parcialmente. Si de este acontecimiento se toman cortas secciones sucesivas de tiempo las secciones adyacentes tienen una continuidad espacial mutua y un predominante parecido cualitativo entre ellas. Sobre esta base puede abordarse el prolongado acontecimiento en su conjunto, como la historia de una sola cosa C. Pero aunque las cortas secciones adyacentes son *predominantemente* parecidas en sus cualidades puede haber secciones adyacentes que se diferencian muy marcadamente en *alguna* cualidad, como, por ejemplo, el color. Si podemos cortar la historia de la cosa en un determinado momento, de modo que antes de dicho momento un trozo de su historia sea rojo y otro trozo después de dicho momento sea verde, afirmamos que la cosa C ha cambiado de rojo a verde en ese momento. Afirmar que una cosa cambia significa sencillamente que su historia puede cortarse en una serie de cortas secciones adyacentes y que dos secciones adyacentes pueden tener diferencias cualitativas.

¿Podemos examinar el cambio de un acontecimiento desde su futuro, a través de su presente, hasta su pasado, de la misma forma en que hemos abordado el cambio de una cosa (digamos un semáforo) de rojo a verde? Creo que esto es imposible por dos razones estrechamente ligadas entre sí. En primer lugar, esto nos conduciría a un círculo vicioso, ya que el cambio de las cosas se observará en análisis ulteriores que impliquen el cambio de acontecimientos respecto a sus características temporales. Hemos dado por sentado que la historia de nuestro semáforo puede ser analizada dividiéndola en una serie de acontecimientos adyacentes más cortos, observándose que en dos de éstos el más temprano era rojo, y el más tardío, verde. Pero afirmar que esta serie de acontecimientos pasa de más temprano a más tarde (cosa necesaria si hemos de distinguir un cambio de rojo a verde y un cambio de verde a rojo) quiere decir sencillamente que las secciones rojas son pasado cuando las verdes son presente y que las rojas son presente cuando las verdes son futuro. Así, la noción de la historia del semáforo, como divisible en una serie de secciones que se siguen en una dirección determinada, depende del hecho de que a cada una de estas secciones cambia ella misma de futuro, a través del presente, en pasado. Por consiguiente, constituiría un círculo vicioso intentar analizar cambios en acontecimientos de la misma forma en que hemos analizado los cambios en las cosas, ya que estas últimas implican los primeros.

Aparte de esta objeción podemos observar directamente que el cambio de acontecimientos no puede abordarse como los cambios en las cosas. Tomemos una sección corta de la historia del semáforo, lo suficiente pequeña para que pueda considerarse un Presente Especioso y de tal clase que la luz de la lámpara sea roja a través de toda esta sección. Este corto acontecimiento fue futuro, se transformó en presente

y luego llegó a ser pasado. Si tratamos de analizar este acontecimiento de la misma forma en que analizamos el cambio del semáforo de rojo a verde, deberemos proceder del modo siguiente: Tendremos que dividir este acontecimiento rojo en secciones sucesivas más cortas y establecer que las últimas de éstas tienen devenir, las del medio actualidad y las últimas anterioridad. Ahora bien, este análisis no es adecuado para los hechos, ya que el hecho establece que *todo* el acontecimiento fue futuro, se transformó en presente y actualmente es pasado. Evidentemente, ningún análisis que divide el acontecimiento en secciones sucesivas con diferentes características puede explicar el cambio en los atributos temporales del acontecimiento en su conjunto.

Así vemos que el intento de reconciliar las incompatibles cualidades temporales del mismo acontecimiento haciendo uso del cambio, en el sentido directo de la palabra, nos conduce a un círculo vicioso y es ineficaz. Este círculo vicioso se hace particularmente evidente cuando se plantea de la forma siguiente: Los cambios de cosas son cambios *en* el Tiempo; pero el cambio de acontecimientos o de momentos de futuro, a través del presente, en pasado, es un cambio *de* Tiempo. Difícilmente podemos transformar cambios de Tiempo en cambios en el Tiempo, ya que en este caso el Tiempo necesitaría otro Tiempo para cambiarlo, y así hasta el infinito.

Por consiguiente, nos vemos obligados a volver a otro tipo de solución, a saber, que los atributos *pasado*, *presente* y *futuro* son, por su propia naturaleza, relativos, como *grande* y *pequeño*. Desgraciadamente, ya hemos tenido oportunidad de ver algunas soluciones de este tipo—la linterna del policía y las diferentes relaciones cognoscitivas—y los pronósticos no son muy favorables.

Si reflexionamos observaremos que existen dos sentidos muy distintos en los que se puede decir que un ser cambia sus propiedades relativas. Un ejemplo del primero es cuando Tom Smith, el hijo de John Smith, se hace más alto que su padre. Un ejemplo del segundo es cuando Tom Smith deja de ser el hijo menor de John Smith y se convierte en el penúltimo hijo. ¿Cuál es la diferencia entre estos dos casos? En el primero tenemos dos biografías que se sobreponen parcialmente, T y J. Si cortamos ambas en pequeñas secciones sucesivas vemos que las primeras secciones de T tienen la relación de «más cortas que» hacia las secciones contemporáneas de J, mientras que las últimas secciones de T tienen la relación de «más alto que» hacia las secciones contemporáneas de J. En el segundo nos encontraremos con una situación muy diferente. Cuando decimos que T es el hijo menor de J queremos decir que no existe en todo el universo un ser del que se pueda decir que es hijo de J y que es más joven que T. Cuando decimos que T ha dejado de ser el hijo más joven de J queremos decir que el universo contiene un ser del que se pueda decir que es hijo de J y que es más joven que T. Así, pues, en el primer caso tenemos una diferencia de relación entre diferentes secciones correspondientes de los largos acontecimientos existentes. En el segundo la diferencia consiste en que cierto ser ha cambiado sus propiedades relativas porque un segundo ser, que anteriormente no existía (y, por

tanto, no podía tener relación alguna con T), ha comenzado a existir y, consecuentemente, a tener ciertas relaciones con T, que es un miembro del mismo universo que el otro ser.

Ahora resulta evidente que el cambio que se produce en un acontecimiento, cuando cesa de ser presente y se transforma en pasado, es como el cambio de Tom Smith cuando cesa de ser el hijo menor de John Smith; y que la continua regresión de un acontecimiento en el pasado cada vez más lejano es como el sucesivo alejamiento que Tom experimentó de ser el «bebé» de la familia a medida que John Smith (conmovido por las fervorosas exhortaciones del obispo de Londres) produce más y más niños. Mi Presente Especioso es precisamente el último pequeño trozo que se ha adherido a mi biografía. Cuando cesa de ser presente y se transforma en pasado esto no quiere decir que haya cambiado sus relaciones hacia todo lo que estaba relacionado cuando era presente. Quiere decir simplemente que a mi biografía han sido añadidos otros trozos y que, con su existencia, han comenzado a establecerse otras relaciones, las cuales no podían mantenerse antes de que existieran dichos trozos como términos de estas relaciones. En otras palabras: cuando un acontecimiento que era presente se transforma en pasado éste no cambia ni pierde ninguna de las relaciones que tenía anteriormente; adquiere simplemente nuevas relaciones que no *podía* tener antes porque los términos con que tiene ahora esas relaciones no exisían sencillamente como entes.

Podrá observarse que esta teoría acepta la realidad del presente y del pasado, pero mantiene que el futuro no es nada en absoluto. Nada le ha ocurrido al presente al transformarse en pasado, excepto que nuevos trozos de existencia han sido añadidos a la historia total del mundo. Por tanto, el pasado es tan real como el presente. Por otra parte, la esencia de un acontecimiento presente no es que preceda a acontecimientos futuros, sino que literalmente no existe *nada* hacia lo que pueda tener relación de precedencia. La suma de todo lo existente siempre aumenta, y es este hecho el que da a las series de tiempo tanto un sentido como un orden. Un momento t es posterior a un momento t' si en el total de la existencia de t está incluido el total de la existencia de t' junto con algo más.

Somos demasiado propensos a abordar el cambio de futuro a presente como si esto fuera análogo al cambio de presente a pasado o del menor al mayor pasado remoto. Esto constituye, a mi parecer, una profunda equivocación. Creo que debemos reconocer que la palabra «cambio» se utiliza en tres sentidos diferentes, de los cuales el tercero es el fundamental. Estos sentidos son: 1) Cambio en los atributos de cosas, como cuando el semáforo cambia de rojo a verde; 2) Cambio en los acontecimientos con respecto a anterioridad, como cuando cierto acontecimiento cesa de ser presente y se transforma en un pasado cada vez más remoto; y 3) Cambio de futuro a presente. Ya he expuesto un análisis de las dos primeras clases de cambio y está claro que ambas dependen de la tercera clase. Anteriormente analizamos el cambio en el color de un semáforo y llegamos a la conclusión de que a una sección roja de su historia le seguía una sección verde de

su historia. Este análisis resulta suficiente para un cambio pasado de cualidad, abordado detenidamente en mirada retrospectiva. Pero cuando decimos que la sección roja precede a la sección verde queremos decir que hubo un momento en que la suma de todo lo existente comprendía el acontecimiento rojo pero no el verde, y que hubo otro momento en que la suma de todo lo existente comprendía todo lo que estaba incluido en el primer momento, así como el acontecimiento verde. Así vemos que un análisis completo de los cambios cualitativos de las cosas implica el advenimiento de los acontecimientos.

Similarmente, hemos visto que la segunda clase de cambio implica la tercera, ya que el cambio de un acontecimiento de presente a pasado depende del hecho de que la suma de todo lo existente aumente más allá de los límites que tenía al advenimiento de dicho acontecimiento.

Llamemos *Devenir* a la tercera clase de cambio. Ahora está claro que el devenir no puede ser analizado mediante ninguna de las otras dos clases de cambio, ya que ambas comprenden a esta última. Además, podemos ver a simple vista que devenir tiene un carácter muy peculiar, por lo que constituye una equivocación llamarlo cambio. Cuando decimos que una cosa cambia cualitativamente, o que un acontecimiento cambia en anterioridad, nos referimos a entes que existen tanto antes como después del momento en que el cambio se produce. Mas cuando un acontecimiento deviene *comienza a existir* y no era nada en absoluto hasta producirse. No puede afirmarse que un acontecimiento futuro sucede al presente, ya que un acontecimiento presente es definido como no sucedido por nada. Podemos abordar la cuestión en dos formas alternativas. O bien decimos que los acontecimientos futuros, debido a que no son entes, no pueden tener ninguna relación con nada y, por tanto, no pueden definirse como sucesivos a los acontecimientos presentes, o, por el contrario, podemos decir que si los acontecimientos futuros suceden a los acontecimientos presentes comportarían la propiedad contradictoria de suceder a algo que no tiene sucesor, por lo que no pueden ser reales.

Hace mucho que se ha reconocido la existencia de dos únicos e irreductibles tipos de criterio, aunque íntimamente ligados entre sí. El primero afirma que A es, o existe, llamándose éste un criterio *existencialista*. El segundo afirma que A es esto y lo otro, o que tiene tal y tal característica; éste puede llamarse un criterio *caracterizador*. La relación entre ambos criterios consiste en que una cosa no puede ser esto y lo otro sin *existir*, y que no puede sin existir ser *esto o lo otro* *. Meinong, con el recurso del idioma alemán a su disposición, inventa las convenientes palabras *Sein* y *Sosein*. De esto deduzco que debemos reconocer un tercer tipo de criterio igualmente fundamental e irreductible, a saber: A deviene o empieza a existir. Llamemos *genéticos* a estos criterios. Considero que muchas de las dificultades ante las que nos hallamos con respecto al Tiempo y Cambio surgen de nuestros obstinados intentos por reducir tales criterios a la forma ca-

---

* En su obra *Über die Stellung der Gegenstandstheorie*, y en otras.

racterística. Cualquier criterio puede ser *verbalmente* reducido a esta forma. Podemos reducir «A es» a «A existe». Pero la reducción es puramente verbal, y aquellos que la toman en serio caen en los cenagales de los argumentos ontológicos. Similarmente, «A es futuro» es verbalmente un criterio que implica una característica de un acontecimiento A. Pero, si no estamos equivocados, esto es un error, ya que tener una característica implica existencia (por lo menos en el caso de particularidades como son los acontecimientos) y el futuro no existe mientras sigue siendo futuro.

Antes de seguir adelante, existe otra ambigüedad verbal que debe señalarse. La misma palabra *es* se utiliza de manera absoluta en el criterio existencialista «A es», y en el criterio caracterizador «A es P» se utiliza como conexión. Lo mismo ocurre con la palabra *devenir*. Decimos «A deviene» y «A deviene P». Este último tipo de criterio expresa un cambio cualitativo, mientras que el anterior expresa un comienzo de existencia.

La relación entre existencia y devenir (y, por consiguiente, entre característica y devenir) es muy estrecha. Todo lo que es ha devenido, y la suma de todo lo existente aumenta continuamente mediante lo devenido. No hay tal cosa como *cesar* de existir; lo que ha devenido existe desde ese momento para siempre. Cuando decimos que algo ha dejado de *existir* queremos decir sencillamente que ha cesado de ser presente; y esto sólo significa que la suma de todo lo existente ha aumentado desde que empezó a devenir cualquier otra parte de la historia de la cosa, y que las adiciones posteriores no contienen acontecimientos lo suficientemente parecidos ni lo suficientemente continuos con la historia de la cosa en cuestión para que puedan considerarse como continuación de la misma. Para mayor exactitud debe efectuarse una pequeña modificación en la afirmación «todo lo que ha devenido». Los acontecimientos prolongados no devienen en conjunto; solamente los acontecimientos que son lo suficientemente cortos para poder ser Presentes Especiosos devienen como totales. Así vemos que el devenir de un largo acontecimiento no es más que el devenir sucesivo de sus secciones más reducidas. Más adelante examinaremos más detalladamente la cuestión de los Presentes Especiosos.

Nos quedan aún dos problemas que las exposiciones previas nos ayudarán probablemente a resolver. 1) Si el futuro, siempre que sea futuro, no es literalmente nada en absoluto, ¿qué debemos decir de los criterios que se manifiestan sobre el futuro?; y 2) ¿Cuál es finalmente nuestra respuesta a la dificultad original de que cada acontecimiento es pasado, presente y futuro, y que estas características son mutuamente incompatibles?

1) Sin duda alguna, constantemente manifestamos criterios sobre el futuro. Tanto los pronósticos como los calendarios náuticos y las guías de ferrocarriles están llenos de tales criterios. Reconocidamente, ningún criterio sobre el futuro es absolutamente cierto (con la posible excepción del criterio de que siempre habrá acontecimientos de una u otra índole); pero esto no viene al caso en nuestro actual propósito. Tampoco es absolutamente cierto ningún criterio histórico sobre el

pasado; y, de todos modos, nuestro problema no consiste en si podemos tener *cierto* conocimiento del futuro, sino en la siguiente cuestión previa: ¿A qué nos *referimos* realmente cuando manifestamos criterios acerca del futuro y qué *queremos decir* por veracidad o falsedad de tales criterios?

No podemos responder a estas preguntas hasta que no hayamos esclarecido ciertos puntos sobre la naturaleza de los criterios en general. En primer lugar, debemos observar que la pregunta «¿De qué trata cierto criterio?» es ambigua. Puede significar: «¿Qué tema o qué temas trata el criterio?», o «¿A qué hecho se refiere el criterio?». El hecho al que se refiere un criterio es el hecho que le hace ser veraz o falso. Es veraz si tiene la peculiar relación de concordancia hacia el hecho a que se refiere y es falso si tiene la relación de discordancia hacia este hecho. Considero que discordancia es una relación positiva, incompatible con concordancia, mas no la mera falta de concordancia. No veo que haya ninguna razón para suponer que la referencia de un criterio a un tercer punto constituya una tercera relación independiente, por encima de las relaciones de concordancia y discordancia. Tomo por justa la disyunción «concordancia o discordancia»; y supongo que afirmar que C se refiere a H quiere decir sencillamente que H es el hecho que hace que C sea veraz si concuerda con él y falso si no concuerda con él.

Ahora bien, la gente manifiesta muchos criterios que no tienen nada que ver con el futuro, pero que, sin embargo, se refieren aparentemente a cosas que en realidad no existen. En la Edad Media muchos campesinos ingleses probablemente manifestaron el criterio de que «existen los espíritus malignos» o que «los espíritus han cortado la leche». Naturalmente, este segundo criterio implica el primero. Yo considero (a pesar de Sir Conan Doyle) que en realidad los espíritus no existen. ¿A qué se referían estos hombres, en nuestro sentido de la palabra *criterio?* Para responder a esto debemos antes preguntarnos: ¿Qué hecho hacía que sus criterios fueran falsos? He aquí la respuesta: el hecho negativo es que ninguna parte del universo estaba caracterizada por el grupo de características mediante las cuales ellos describían a los espíritus. Su criterio reduce a la más simple expresión la afirmación de que alguna parte de lo existente está caracterizado por este grupo de características, y esto es falso porque no concuerda con el hecho negativo de que el grupo en cuestión no caracteriza parte alguna del universo. Naturalmente, que ellos no sabían que esto era a lo que se refería su criterio, pues en caso contrario no lo habrían manifestado. Mas, para nuestra referencia, no existe razón alguna para que una persona que manifiesta un criterio deba saber a qué se refiere.

Además, sería absurdo afirmar que a lo que se *referían* estos hombres era al hecho negativo de que ninguna parte del universo tiene las características que ellos atribuían a los espíritus. De esto se desprende la necesidad de distinguir entre a qué se refiere un criterio y a qué se refiere la persona que manifiesta el criterio. A lo que aquellos hombres se referían era a cierto grupo de características, a saber, aquéllas mediante las cuales describían a los espíritus. Esto podría

llamarse el tema lógico de su criterio, el cual es real e independiente del discernimiento mental, y tiene la clase de realidad e independencia que caracteriza a lo universal pero no lo que caracteriza a cosas determinadas. Por tanto, aunque no existe tal cosa como los espíritus, la gente que manifiesta un criterio sobre ellos no manifiesta un criterio sobre nada (pues manifiestan un criterio sobre una serie de características que en sí son reales, aunque no caracteriza a ninguna cosa determinada). Tampoco puede decirse que no se refieren a nada (pues se refieren, aunque sin saberlo, a un importante hecho negativo sobre lo existente).

Puesto que la no existencia de los espíritus es compatible con el hecho de que el criterio «los espíritus existen» es una afirmación inteligible sobre algo real, es de esperar que la no existencia del futuro resultará compatible con la existencia e inteligibilidad de criterios sobre el futuro. Hasta cierto punto, las dos clases de criterio pueden abordarse de la misma manera. El criterio que *gramaticalmente* se refiere a los espíritus resulta referirse *lógicamente* al grupo de características mediante el cual la persona describe a los espíritus. Similarmente, el criterio «mañana lloverá», que gramaticalmente se refiere a «mañana», lógicamente se refiere a la característica de lluvioso. La no existencia de mañana es, por tanto, compatible con el hecho de que el criterio se refiere a algo.

Además, existe una diferencia muy importante entre las dos clases de criterio. Criterios tales como «los espíritus existen» se manifiestan no solamente *sobre* algo; también se *refieren* a algún hecho que los hace ser veraces o falsos. Este hecho puede ser negativo, mas no deja de ser un hecho real sobre el mundo existente. Si nos preguntamos a qué hecho se refieren aparentemente los criterios sobre el futuro, la respuesta será que no existe tal hecho. Si hoy juzgo que mañana lloverá, el único hecho a que se puede referir este hecho es, en nuestro sentido de la palabra, el hecho que lo hace ser veraz o falso. Ahora está claro que este hecho es la humedad o el buen tiempo de mañana cuando llega mañana. Hoy, cuando manifiesto el criterio, no existen tales hechos como la humedad de mañana o el buen tiempo de mañana. Ninguno de estos hechos puede comenzar hasta que no comienza mañana, lo cual no ocurre hasta que mañana deviene hoy. Por consiguiente, los criterios sobre el futuro no se refieren a ningún hecho, bien sea positivo o negativo, en el momento de exponerlos. Por tanto, en ese momento no son ni veraces ni falsos. Devendrán veraces o falsos cuando tengan un hecho a qué referirse; y a partir de ese momento serán veraces o falsos, según el caso, para siempre. Si uno decide definir la palabra *criterio* de manera que nada podrá llamarse criterio hasta saber si es veraz o falso, no podrán, naturalmente, considerarse «criterios» aquellos que se refieran al futuro. Si aceptamos esto, deberemos afirmar que la ley del tercio excluso no es aplicable a todos los criterios. Si lo rechazamos, debemos afirmar que la ley del tercio excluso es aplicable a todos los criterios genuinos, mas debemos añadir que los «criterios» sobre el futuro no son criterios genuinos cuando se formulan, sino que gozan meramente de un título

de cortesía por anticipación, al igual que los primogénitos de la alta nobleza en vida de sus padres. Para conveniencia nuestra seguiré refiriéndome a ellos como criterios.

Hasta aquí hemos determinado dos hechos sobre criterios que tratan del futuro: *a)* Tratan de algo, a saber, de alguna característica o grupo de características; y *b)* No se refieren a ningún hecho en el momento de formularse. Naturalmente, esto no constituye un análisis completo, pues necesitan ser esclarecidos aún otros dos puntos. *a)* Si cuando se formulan tales criterios éstos no se refieren a nada, ¿cómo puede ser que, si ciertos acontecimientos devienen, el criterio sea verificado, y, si devienen acontecimientos distintos, el criterio es refutado? *b)* Si tales criterios se refieren a características, ¿qué es exactamente lo que mantienen acerca de estas características?

a) Supongamos que hoy juzgo que mañana lloverá. Nada de lo que ocurra mañana tendrá que ver con este criterio, excepto el tiempo que haga; y nada hará que tal criterio sea veraz, excepto el tiempo lluvioso. Esto es verdad, pero no demuestra que el criterio se refiera a ningún hecho, en nuestro sentido de referencia. De *cualquier* criterio podemos discernir qué *clase* de hecho lo verificará o refutará, desde el momento en que sabemos a qué se refiere el criterio y qué clase de afirmación hace. Pero, por mucho que analicemos el propio criterio, no llegaremos nunca a conocer el *hecho particular* que lo hace veraz, si es veraz, y falso, si es falso. Por tanto, no existe ninguna contradicción entre la afirmación de que podemos saber inmediatamente qué *clase de hecho* verificaría un criterio sobre el futuro y la afirmación de que tales criterios no se refieren a ningún *hecho* en el momento de formularlos.

b) Por lo que se refiere a cualquier criterio debemos tener en cuenta no sólo de qué trata, sino también qué es lo que afirma sobre su tema o temas. Estas dos cuestiones son en cierto modo ambiguas, y esta ambigüedad debe esclarecerse antes de abordar la cuestión esencial de qué es lo que afirman los criterios formulados sobre el futuro. 1) Existe la confusión entre de qué trata un criterio y a qué se refiere. Esta cuestión ya la hemos examinado. 2) Existe la distinción entre a qué se refiere aparentemente el criterio y a qué se refiere realmente. Si a uno de los campesinos que decían que los espíritus habían cortado la leche le hubiésemos preguntado a qué se refería, nos hubiera contestado que él se refería a la existencia de cierto espíritu. A esto es a lo que aparentemente se refiere el criterio. Pero a lo que en realidad se refiere es a cierto grupo de características. En otras palabras: podemos decir que sobre lo que aparentemente trata un criterio puede determinarse con un análisis gramatical de la oración mediante la cual se expresa el criterio. Aunque siempre existe una relación entre la estructura gramatical de una oración y la estructura lógica de un criterio, resulta muy peligroso suponer que de lo que trata gramaticalmente la oración representa lo mismo que lo que trata lógicamente el criterio. 3) Cuando estas dos confusiones han sido ya superadas, y abordamos definitivamente la cuestión del *criterio*, mas no el *hecho* a que se refiere ni la *oración* que lo expresa, queda aún

otra dificultad acerca de lo que debe incluirse bajo la idea de qué trata el criterio y lo que debe incluirse bajo la idea de qué es lo que el criterio afirma. Tomemos, en primer lugar, un sencillo criterio caracterizador como «3 es un número primo». ¿De qué trata esto y qué es lo que afirma? Todos coincidiremos en que indudablemente trata del número 3. Pero, ¿trata también de la característica de primacía? Si nuestra respuesta es Sí, ¿qué le queda por afirmar? Si nuestra respuesta es No, ¿cómo podemos abordar el criterio equivalente «la primacía es una característica de 3»? Exactamente, la misma clase de dificultad surge en relación con una proposición relativa como «3 es mayor que 2». Ahora podemos coincidir todos en que se trata, por lo menos, de los números 2 y 3. Pero ¿trata o no trata de lo relativo a mayor? Debemos afirmar que el primer criterio trata tanto de primacía como del número 3 y que el segundo criterio trata tanto de lo relativo a mayor como de los números 2 y 3. Constituye realmente un error el decir que el primer criterio afirma la primacía, como decir que afirma el número 3. Lo mínimo que afirma es la primacía de 3. Observaciones similares son aplicables al segundo criterio. Si nos place utilizar la útil palabra *vínculo*, que el señor W. E. Johnson * ha introducido últimamente en la Lógica, podemos decir que el primer criterio trata del número y de la característica de primacía, afirmando que están conexos por el vínculo característico. El segundo criterio trata de los números 2 y 3 y lo relativo a mayor, y afirma que están conexos por el vínculo relativo en el orden 3 a 2. Pero podemos igualmente distinguir diferentes clases de afirmaciones y decir que el primero trata del número 3 y de la característica de primacía, y que hace una afirmación característica acerca de ellos. En el caso del segundo debemos referirnos a una afirmación relativa.

Hasta ahora hemos escogido, a propósito, ejemplos que tratan de objetos sin tiempo, como son los números. Examinemos ahora la serie de criterios: «ha llovido», «está lloviendo» y «lloverá», los cuales se refieren a acontecimientos y se refieren, de manera esencial, al tiempo. El primero puede analizarse como sigue: «Existe un acontecimiento caracterizado por lluviosidad, y la suma de todo lo existente cuando se expone el criterio comprende todo lo que comprende cuando este acontecimiento deviene». El segundo puede analizarse de la forma siguiente: «Existe un acontecimiento caracterizado por lluviosidad, y la suma de todo lo existente es la misma cuando este acontecimiento deviene que cuando se formula el criterio. Por consiguiente, los criterios sobre el pasado y el presente pueden analizarse como criterios que comportan los cuatro tipos conocidos de afirmación—existencialista, caracterizador, genético y relativo—. Pero el criterio de que lloverá no puede analizarse de manera similar. Nada quiere decir que empiece con la afirmación «*Existe* un acontecimiento», ya que los únicos acontecimientos que existen son los acontecimientos que han devenido en el momento de hacer la afirmación; la suma de todo lo existente no comprende acontecimientos futuros. Sólo podemos ana-

* *Lógica*, vol. I.

lizar el criterio de la siguiente forma: «La suma de todo lo existente aumentará más de lo que es cuando se formule el criterio, y cierta parte de lo que devendrá estará caracterizado por el estado lluvioso». Por tanto, no podemos analizar por separado *será* como podemos hacer con *ha sido* y *es ahora*. Todo criterio que aparentemente se formule sobre el futuro comprenderá dos clases peculiares de afirmación que no podrán ser analizadas en sí. Una de éstas se refiere a devenir: afirma que unos acontecimientos devendrán. La otra se refiere a alguna característica: afirma que ésta caracterizará a algunos de los acontecimientos que devendrán. Si preguntamos entonces: «¿De qué tratan realmente los criterios que aparentemente se refieren a acontecimientos futuros?», la respuesta será que tratan de alguna característica y de devenir. Y si se preguntara: «¿Qué es lo que afirman tales criterios?», la única respuesta que yo puedo dar es que afirman que la suma de todo lo existente aumentará mediante el devenir, y que la característica en cuestión caracterizará cierta parte de lo que devendrá. Estas respuestas son compatibles con la inexistencia del futuro. Los únicos «componentes» del criterio, cuando éste se formula, son la característica—que contiene la clase de realidad que posee todo lo universal—y el concepto de devenir. Sobre éstos el criterio hace ciertas afirmaciones peculiares que no pueden ser analizadas en sí. Algo llamado *mañana* no es un componente de criterios que gramaticalmente tratan de «mañana», como tampoco algo llamado *espíritus* es un componente de criterios que aparentemente tratan de «espíritus».

Hasta aquí he tratado de mostrar que existe una profunda diferencia entre criterios que aparentemente tratan de acontecimientos futuros y aquellos que se refieren a acontecimientos pasados o presentes. Los primeros, cuando se formulan, no se refieren a nada y, por tanto, literalmente no son ni veraces ni falsos, aunque para cualquiera que entienda su significado es posible ver qué clase de hecho los *hará* eventualmente veraces o falsos, según el caso. Por otra parte, *ahora es* y *ha sido* no deben considerarse como nuevos y acabados tipos de afirmación, pero *será* debe considerarse aparentemente de esta forma. Sin embargo, pese a que el futuro es nada y a que los criterios que aparentemente tratan de acontecimientos futuros se refieren a nada, no puede decirse que éstos no traten de nada. Tratan de alguna característica y del devenir; y, según yo veo, hacen sobre estos términos una clase de afirmación única en su género y que no puede ser analizada en sí.

Quedan aún dos puntos por señalar, antes de dar por sentado este tema.

a) Naturalmente, existen muchos criterios *ex post facto* que nominalmente incluyen la existencia de acontecimientos futuros. Podemos decir que la batalla de Hastings *fue* futura para Eduardo *el Confesor*. Tales criterios no necesitan ser analizados de manera especial. Sencillamente, queremos decir que la suma de todo lo existente incluye ahora la batalla de Hastings, y que no la incluía cuando se produjo la muerte de Eduardo *el Confesor*. Nosotros, que vivimos posteriormente a estos acontecimientos, abordamos dos partes de lo exis-

tente, las cuales pueden mantener y mantienen diferentes relaciones mutuas. Por tanto, no existe dificultad alguna para dar un significado al criterio.

b) Generalmente, se mantiene la opinión de que no pueden existir conocimientos certeros sobre el futuro, sino que todos los criterios que aparentemente tratan de él consisten en conjeturas más o menos probables hechas por analogía con el pasado. Ahora bien, no siempre reconocemos cuán extraordinaria es nuestra seguridad acerca de esto, sobre la base de la suposición de que el futuro es realmente algo que tiene «existencia futura», del mismo modo que el pasado es realmente algo que tiene «existencia pasada». Tenemos un conocimiento inmediato, y no meramente inferencial, de algunos acontecimientos pasados mediante el recuerdo directo. De ahí que una mera diferencia de tiempo entre el acto de cognición y un acontecimiento no impide necesariamente que el acontecimiento sea objeto del acto de cognición. Si el futuro existe, y es precisamente la parte de lo existente que sucede al presente, es difícil ver por qué un acto presente de cognición puede no conocer un acontecimiento posterior a él, del mismo modo que puede conocer algunos acontecimientos anteriores a él. ¿Por qué no podemos tener anticipaciones directas de algunos acontecimientos futuros, del mismo modo que tenemos recuerdos directos de algunos pasados, ya que el futuro tiene la misma naturaleza general que el pasado, diferenciándose simplemente de éste por estar en la relación temporal contraria con el presente? Además, ¿por qué todas las pretensiones de tener un conocimiento directo de los acontecimientos futuros son consideradas tan disparatadamente paradójicas?

Estos hechos se hacen plausibles en dos teorías sobre el futuro, una de las cuales hemos rechazado y la otra hemos adoptado. Naturalmente, si ser futuro significa precisamente lo que no puede ser directamente conocido, la cognición directa de los acontecimientos futuros podría desecharse como una contradicción de términos. Sin embargo, hemos examinado y rechazado esta opinión sobre el futuro. Mas también se desprende de nuestra teoría la imposibilidad de tener un conocimiento absolutamente cierto del futuro. Podemos estar absolutamente seguros de que un acontecimiento tiene la característica C sólo si conocemos directamente dicho acontecimiento y podemos percibir en él esta característica. Por ello, sólo podemos conocer directamente *algo*, pero no algo que no existe. En nuestra opinión, no podemos experimentar la relación de conocimiento directo hacia acontecimientos futuros por una razón idéntica a la que nos impide quitarle a un montañés sus calzones. Podemos experimentar esta relación respecto a acontecimientos presentes (mera conciencia de un hecho mediante los sentidos) y a acontecimientos pasados (recuerdos auténticos), porque tales acontecimientos constituyen partes de la suma de todo lo existente cuando tiene lugar la correspondiente cognición.

2) La última cuestión que nos queda por abordar es la supuesta dificultad de que todo acontecimiento es pasado, presente y futuro; que estas características son incompatibles; y que no hay forma de conciliarlas sin que esto implique o bien una regresión infinita, en

cuyas diferentes etapas surge la misma dificultad, o un círculo vicioso. Este argumento ha sido utilizado por el doctor M'Taggart * como base para rechazar la realidad del Tiempo. Evidentemente, es el mejor de todos los argumentos que han sido utilizados con este propósito, ya que realmente acomete a características peculiares del Tiempo y no, como la mayoría de los demás, a dificultades sobre continuidad e infinidad, las cuales se desvanecen en cuanto se tiene conocimiento de la relevante labor matemática efectuada sobre este tema. ¿Es que las conclusiones a las que hemos llegado al principio de este capítulo nos ayudan a eliminar esta supuesta contradicción?

Tomemos el ejemplo de M'Taggart sobre la muerte de la reina Ana, como un acontecimiento en el que supuestamente se hallan combinadas las incompatibles características de anterioridad, actualidad y porvenir. En primer lugar, podemos afirmar inmediatamente que desde nuestro punto de vista el porvenir no es ni ha sido nunca literalmente una característica del acontecimiento caracterizado como la muerte de la reina Ana. Antes de que Ana muriera no existía tal acontecimiento como la muerte de Ana, y «nada» no puede tener características. Después de la muerte de Ana la suma de lo existente contiene la muerte de Ana; pero entonces este acontecimiento tiene la característica de anterioridad. No cabe duda de que puedo decir «la muerte de Ana fue posterior a Guillermo III». Pero con esto quiero decir sencillamente que, mientras vivía Guillermo III, no existía ningún acontecimiento caracterizado como la muerte de Ana; y que después, a medida que la suma de todo lo existente aumentó con el devenir, ésta contenía ambos acontecimientos: la vida de Guillermo III y la muerte de Ana. La muerte de Ana sucedió a la vida de Guillermo III en cuanto la muerte de Ana comenzó a existir, y desde entonces le sucederá para siempre; pero no le sucedió mientras vivía Guillermo, porque no había devenido, no era cosa alguna, y, por tanto, no podía tener características o mantener relación alguna. Mas puede afirmarse que la propia Ana o el propio Guillermo III podían haber expuesto el siguiente criterio: «La muerte de la reina Ana *es* futuro»; éste es un criterio veraz por su parte, mas no puede explicarse de la misma forma que mi criterio *ex post facto* de que la muerte de la reina Ana *era* futuro. La existencia y veracidad del criterio de Guillermo no implican que haya existido alguna vez un acontecimiento que tenga ambas características de venidero y ser la muerte de Ana. Al exponer Guillermo este criterio no existía acontecimiento alguno al que pudiera referirse, ya que el acontecimiento que devino posteriormente y que fue la muerte de Ana aún no había devenido y no era cosa alguna. Lo que Guillermo hizo fue formular una clase peculiar de afirmación sobre el devenir y sobre la característica de ser la muerte de Ana. El afirmó que la suma de todo lo existente aumentaría mediante el ulterior devenir y que cierta parte de lo que así sería añadido estaría caracterizado como la muerte de su cuñada. El no hablaba ni se refería a ese acontecimiento particular que, en

(*) *La Irrealidad del Tiempo.* MIND, N. S., 1908.

efecto, eventualmente devino y que, cuando devino, fue, en efecto, caracterizado como la muerte de Ana. Cuando él expuso su criterio no existía tal acontecimiento en la suma de todo lo existente para que pudiera hablar o referirse al mismo. Por consiguiente, la primera cuestión que debemos señalar respecto al argumento de M'Taggart es que ningún acontecimiento tiene la característica de posterior. Cuando decimos que cierto acontecimiento es futuro la *oración* que expresa nuestro criterio tiene, sin duda alguna, la misma forma que cuando decimos que cierto libro es verde. Por tanto, nos seduce la idea de considerar ambos criterios como características y suponer que la única diferencia entre ellos reside en que uno asevera la característica de «posterior» mientras que el otro asevera la característica de verdor. De todo lo expuesto podemos sacar la conclusión de que el primer criterio no es en absoluto un criterio caracterizador y que no existe la característica de «posterior». Los criterios que aparentemente caracterizan acontecimientos como futuros no hacen más que una peculiar *aseveración* sobre alguna *característica corriente* (por ejemplo, lluviosidad o buen tiempo); no hacen una afirmación caracterizadora corriente sobre cierto *acontecimiento* y una clase peculiar de característica (a saber, «posterior»).

¿Existe algo contradictorio en el hecho de que la muerte de la reina Ana haya sido presente y sea ahora pasado? Podría muy bien haberlo si tuviésemos que abordar el cambio en un acontecimiento respecto a las características de actualidad y anterioridad como análogas al cambio de un semáforo respecto a las características de rojo y verde. Pero ya hemos visto que esto no puede efectuarse y que la segunda clase de cambio depende del primero. Cuando se produjo la muerte de la reina Ana este acontecimiento entró en relación con todo lo que ya había devenido y con nada más, pues no había nada más con lo que pudiera relacionarse. Todas aquellas relaciones las mantiene desde entonces para siempre. A medida que otros acontecimientos devienen, el de la muerte de Ana adquiere mayores relaciones, que antes no tenía y no podía tener mientras estos últimos no existían. Esto es todo cuanto le puede ocurrir al acontecimiento en cuestión. Supongamos que nos hiciéramos la siguiente pregunta: «¿Es que algo de lo que era verdad de la muerte de Ana cuando devino se hace falso después con el ulterior devenir? Y si es así, ¿promueve esto alguna dificultad lógica?». Aquí debemos trazar una distinción. 1) Todas las relaciones que la muerte de Ana hizo irrumpir en la suma de todo lo existente, tal y como ésta era cuando devino el acontecimiento, persisten eternamente desde entonces y no son afectadas por nada de lo que pueda añadirse a esa suma mediante el ulterior devenir. De ahí que nada de lo que era verdad en estas relaciones pueda transformarse en algo falso, y que nada de lo que era falso pueda transformarse en veraz. 2) A medida que otros acontecimientos devienen éstos entran automáticamente en relación con la muerte de Ana, que adquiere de este modo otras relaciones y deviene un componente de hechos adicionales. Si, por ejemplo, Lord Bolingbroke prestó juramento cuando le fue comunicada la muerte de Ana está claro que

algo de la muerte que no era real cuando ésta devino subsiguientemente se transformó en una realidad. Cuando Lord Bolingbroke prestó juramento devino una realidad el que la muerte de la reina Ana causaba cierto acontecimiento en la vida de su señoría. Y esto no era una realidad de la muerte de la reina Ana antes de que Lord Bolingbroke tuviera conocimiento de ella, la cual fue la causa de su juramento. Por consiguiente, algo que no era verdad de la muerte de la reina Ana cuando se produjo se transformó después en verdad al devenir el juramento de Lord Bolingbroke.

Ahora seríamos propensos a pensar que algo de un acontecimiento que *no era verdad*, y que subsiguientemente se hizo verdad, equivale a decir que algo del acontecimiento que *era falso* se transformó en veraz. Esto es, en mi opinión, un error, ya que «no verdadero» es un término más amplio que «falso».

Supongamos que comparamos estos dos posibles criterios: «No es verdad que la muerte de la reina Ana fue causa del terremoto de Lisboa», y «No es verdad que la muerte de la reina Ana, en el momento de producirse, fue causa del juramento que hizo Lord Bolingbroke». En el primer criterio, «no es verdad» equivale a «falso», pues significa que existe cierto hecho negativo (que contiene como componentes tanto la muerte como el terremoto) que está en discordancia con el criterio de que lo primero causó lo segundo. Pero el segundo criterio no significa que en el momento de la muerte de Ana existiera un hecho negativo que tuviera como componentes la muerte de Ana y el juramento de Bolingbroke, ni que estuviera en discordancia con el criterio de que la muerte causó el juramento. En el momento de producirse la muerte de Ana no existía el juramento de Lord Bolingbroke y, por tanto, ningún hecho que determine que esto constituye un componente. Lo que ocurre cuando Lord Bolingbroke presta juramento no es que algo que era falso en el momento de la muerte de Ana se transforma en veraz, sino que algo que antes no era ni falso ni veraz de la muerte de Ana deviene verdad.

No creo que las leyes de la Lógica tengan nada que decir en contra de esta clase de cambio; y, si lo tienen, tanto peor para las leyes de la Lógica, pues, sin duda alguna, ello constituye un hecho. Lo que el conjunto de las leyes de identidad, contradicción y medio excluido demuestran es que cualquier proposición es o bien veraz o bien falsa, pero no ambas, y que no puede variar en este aspecto. Estas leyes no determinan (y si lo hacen, deben ser modificadas) que el *número* de proposiciones esté eternamente establecido; lo único que determinan es que dicho número no puede reducirse. Pero puede ser acrecentado, y *es* continuamente acrecentado por el proceso de advenimiento que aumenta continuamente la suma de todo lo existente y, así, la suma de hechos positivos y negativos. O, dicho con otras palabras, las leyes de la Lógica son aplicables a un determinado conjunto de ideas de raciocinación examinando la suma de lo real hasta dicho momento. Mas la suma de realidad existente aumenta continuamente a través del advenimiento de nuevos acontecimientos; y los cambios en

la realidad, que son meros aumentos en el *número de realidades* de este proceso, están lógicamente al margen de objeciones.

Difícilmente puedo prentender que todo lo que hasta ahora he dicho sobre Tiempo y Cambio satisfaga a la mayoría de mis lectores, pues en verdad que no deja de ser sino la sombra de toda la realidad. Está reconocido que éste es el hueso más duro de roer de toda la Filosofía. El deán de Carlisle observa juiciosamente que «no podemos comprender el Tiempo, pero tampoco lo comprenderemos mejor diciendo tonterías sobre él». Con la esperanza de no haber obscurecido la deliberación con palabras incomprensibles, dejo este dificilísimo tema, para volver más adelante a las cuestiones relacionadas con una o numerosas series de tiempo, el entronque del Tiempo con el Espacio, y la colocación y computación de los acontecimientos.

Otras obras que pueden consultarse con provecho:

B. B. W. RUSSELL, *Our Knowledge of the External World*, conf. IV.
A. N. WHITEHEAD, *Concept of Nature*, cap. III.
J. M. E. M'TAGGART, *The Relation of Time and Eternity* (MIND, N. S., vol. XVII, número 71).
J. M. E. M'TAGGART, *The Unreality of Time* (MIND, N. S., vol. XVIII, 1908).
H. BERGSON, *Temps et Libre-arbitre.*
H. BERGSON, *Matière et mémoire.*

La Cinemática tradicional y su gradual modificación en el terreno de la Física

I) Las teorías Absoluta y Relativa

«Its eyebrows (of a vivid green)
Have never, never yet been seen;
But Scientists, who ought to know,
Assure us that it *must* be so.
Oh, let us never, never doubt
What no one can be sure about!»

(H. BELLOC, *The Microbe.*)

En los capítulos anteriores hemos examinado los conceptos tradicionales de Espacio y Tiempo, y ahora podríamos referirnos a la Materia o al Movimiento. Considero más oportuno abordar la doctrina clásica de Movimiento antes de tratar el problema de la Materia. Como todos sabemos, el concepto de Movimiento ha sido objeto de constantes discusiones mantenidas por físicos y matemáticos durante siglos, y en el curso de los últimos años la Cinemática clásica ha sufrido profundas modificaciones debido a circunstancias surgidas en el terreno de la propia Física. Los viejos argumentos utilizados por los defensores del Movimiento Absoluto y Relativo, y los argumentos más recientes sobre la Teoría de la Relatividad, constituyen en su esencia fragmentos de la Filosofía criticista, en nuestra acepción de la palabra. Por consiguiente, podemos afirmar con justeza que, por cuanto respecta al Movimiento, los físicos han sido sus propios filósofos, obligados a ocupar esta desagradable posición ante las dificultades propias a su ciencia. Mas esto no es así respecto de la Materia. Las dificultades sobre la Materia, que muestran la necesidad de efectuar una crítica filosófica radical sobre dicho concepto, no son inherentes a la propia Física. Estas dificultades surgen principalmente cuando empezamos a tener en cuenta la forma en que llegamos a conocer la materia mediante los sentidos. Lo que nos obliga a entregarnos a la crítica filosófica es el aparente conflicto entre lo que nuestros sentidos nos dicen sobre la Materia y lo que la Física nos enseña sobre ella, juntamente con el hecho de que, en última instancia, son nuestros sentidos la única fuente definitiva de toda la información de que disponemos sobre el tema. Al iniciar esta crítica, observemos que ella nos alejará del asunto y que no podremos pararnos hasta haber modificado profundamente los conceptos tradicionales de Espacio y Tiempo, así como de Movimiento. Ahora bien, espero poder mostrar que estas modificaciones, las cuales nos son impuestas a nosotros los filósofos cuando comenzamos a tratar el concepto de Materia, son, en cierto modo, de la misma clase que las modificaciones que se ven obligados a efectuar los físicos por razones de índole puramente interna. Si esto puede

mostrarse, aunque no sea más que a manera de esbozo, reforzará en gran medida los nuevos puntos de vista sobre Espacio, Tiempo, Movimiento y Materia. A primera vista, existen muchos aspectos de estas opiniones que parecen paradójicos y desconcertantes para el sentido común, por lo que resulta ventajoso saber, incluso para el científico, que dichas opiniones tienen razón de ser en terrenos mucho más amplios que en el de las necesidades específicas de su propia ciencia. Por otra parte, siempre constituye un aliento para el filósofo saber que no está simplemente *bombinans in vacuo*, sino que trabaja sobre terrenos que, según se ha comprobado, conducen a resultados útiles en ciertas regiones concretas de la ciencia.

Este libro está escrito, ante todo, para científicos que estén interesados en la Filosofía, y, en segundo lugar, para filósofos que estén interesados en la ciencia. Por ello, he tratado de alejarme lo más gradualmente posible de los conceptos que son más conocidos para los científicos. Además, debido a las razones anteriormente expuestas, la crítica filosófica del concepto de Movimiento es, para la mayoría de los científicos, más conocida que la crítica del concepto de Materia. En consecuencia, resulta más acertado tratar antes de la primera que de la segunda, Primeramente expondré los argumentos puramente físicos que han minado gradualmente la Cinemática tradicional, sustituyéndola posteriormente por la Teoría de la Relatividad. A pesar de las muchas obras populares, excelentes algunas de ellas (y en mayor número, execrables), que han aparecido en el curso de los últimos años, considero que aún queda lugar para plantear de nuevo estos argumentos. Naturalmente, a muchos de los científicos que lean este libro les serán muy conocidos; pero, antes de seguir más adelante, no causará perjuicio alguno al lector que ante todo se considere filósofo el ponerse *au courant* de la actual situación en que se encuentra la Física. En una etapa mucho más avanzada, cuando hayamos visto qué modificaciones nos son impuestas en los conceptos tradicionales de Espacio y Tiempo por nuestras críticas al concepto tradicional de la Materia, volveremos al presente tema para tratar de relacionar la doctrina física con las doctrinas filosóficas.

Tenemos que abordar por lo menos cuatro conceptos cinemáticos generales, a saber: la Teoría Absoluta del Movimiento, la Teoría Relativa del Movimiento, la Teoría Especial de la Relatividad y la Teoría General de la Relatividad. Este es, aproximadamente, el orden *histórico* en que han surgido, desde el Renacimiento, estos conceptos en la Física. Sin embargo, debemos recordar que la controversia entre las Teorías Absoluta y Relativa del Movimiento contaba ya con una larga historia, incluso antes de que fuera establecida la Mecánica moderna por Galileo, Descartes, Huyghens, Newton y Leibniz. Esta controversia fue heredada por la Mecánica, y las tendencias adversarias eran respectivamente defendidas por contemporáneos tan eminentes como Newton y Leibniz. A continuación trataré de los conceptos en su orden histórico, situando a la Teoría Absoluta del Movimiento antes de la Teoría Relativa del Movimiento. Pero, después de exponer claramente las diversas teorías y de considerar los *pros* y los *contras*

de las mismas, nos encontraremos ante una nueva tarea, a saber, tratar de mostrar su orden e interconexiones *lógicas*. Debo confesar que jamás he visto un examen satisfactorio de esta cuestión en ninguna de las obras sobre dicho tema. Generalmente se supone que el orden lógico ha sido el mismo que el histórico, y que los sucesivos conceptos cinemáticos han constituido un continuo desarrollo de la doctrina según la cual el movimiento es puramente relativo. Sin embargo, algunos de los principales exponentes de la Teoría General de la Relatividad, que es la última fase de la Cinemática, utilizan un lenguaje que parece implicar una esmerada Teoría Absoluta. Se nos habla de «caprichos» en el Espacio o en el Espacio-Tiempo y se nos dice que aquéllos modifican los movimientos de la Materia, o que la Materia consiste de tales «caprichos». Todo esto aparece extremadamente confuso, cuando los mismos autores le han llevado a uno a creer que la Teoría General de la Relatividad es el triunfo definitivo de la Teoría Relativa del Movimiento. Ya veremos más adelante que la conexión lógica no es tan simple como se nos ha dicho; y sin duda resultará provechoso que hagamos todo lo posible por esclarecer este punto tan confuso. No obstante, no podemos discutir con provecho esta cuestión hasta ver qué es exactamente lo que afirman las diversas teorías.

Las Teorías Absoluta y Relativa del Movimiento

En los dos capítulos anteriores hemos examinado los conceptos tradicionales de Espacio y Tiempo. Pues bien; el concepto cinemático que corresponde exactamente a estos conceptos es el de Movimiento absoluto. Según los conceptos tradicionales de Espacio, Tiempo y Materia, estos tres son entidades considerablemente independientes. Por lo general, el punto de vista tradicional no profundiza demasiado en la cuestión de sus relaciones mutuas, pero considero que lo que sigue constituye un criterio aproximado sobre lo que tácitamente afirma acerca de esta cuestión: El Tiempo podría haber existido sin Espacio o sin Materia; el Espacio no podría haber existido sin el Tiempo, pero sí podría haber existido sin la Materia; la Materia no podría haber existido sin el Espacio y sin el Tiempo. El Espacio necesita el Tiempo para perdurar, pero la única conexión es que todos los puntos del Espacio perduran eternamente sin sufrir ningún cambio. La Materia necesita el Tiempo para perdurar y necesita el Espacio para poder tener lugar y forma, los cuales le son esenciales. Con la Materia se inicia la posibilidad de Movimiento; la Materia no tiene por fuerza que moverse, pero, en realidad, lo hace de vez en cuando.

La alternativa entre la Teoría Absoluta y la Teoría Relativa del Tiempo puede ilustrarse como sigue: Decimos que la batalla de Hastings precede a la batalla de Waterloo por cierta cantidad de años, a saber, setecientos cuarenta y nueve años. Las dos batallas son acontecimientos de la historia mundial, coincidiendo la Absoluta y la Relativa en que entre ambos acontecimientos subsiste cierta relación temporal, y que dicha relación comporta cierta medida en términos de unidades

corrientes. La relación entre ambos acontecimientos, por lo que se refiere al Tiempo, puede plantearse de la forma siguiente: ¿Es esta relación simple, directa e imposible de analizar, la que juega el único papel de vincular los dos acontecimientos en cuestión, o se trata de un complejo integrado por otras relaciones que entrañan otros términos además de los dos acontecimientos aludidos? La primera alternativa la adoptan los Relativos y la segunda los Absolutos. En la primera alternativa no figura algo llamado Tiempo, que podría existir incluso de no haberse producido los acontecimientos; el Tiempo consiste simplemente de las relaciones de antes y después entre los acontecimientos. Estas relaciones tienen varias magnitudes, que pueden medirse mediante la comparación con la relación temporal entre un determinado par de acontecimientos, tales como la sucesiva ocupación de la misma posición sobre una esfera de reloj por las manecillas del mismo.

Por otra parte, los Absolutos mantienen que las relaciones temporales entre acontecimientos no son directas ni imposibles de analizar, sino que, en realidad, las integran relaciones de dos clases completamente distintas. En esta opinión existe algo llamado Tiempo que está compuesto de entidades simples llamadas momentos; y son solamente los momentos los que, se puede decir con exactitud, están los unos antes o después de los otros. Además, existe cierta relación peculiar entre acontecimientos y momentos que se denotan en la voz *en*. *En* comporta una relación muchos-uno. Por ejemplo, muchos acontecimientos diferentes pueden producirse al mismo tiempo, pero ningún acontecimiento momentáneo puede producirse más que en un momento determinado. La Teoría Absoluta analiza el criterio de que la batalla de Hastings precede a la batalla de Waterloo en setecientos cuarenta y nueve años, en las tres proposiciones siguientes: 1) La batalla de Hastings ocurrió en un momento determinado t_1; 2) La batalla de Waterloo ocurrió en un momento determinado t_2; 3) El momento t_1 precede eternamente al momento t_2 en setecientos cuarenta y nueve años. (Dejo de lado el hecho de que ambas batallas duraron un tiempo finito y que, por tanto, literalmente no ocurrieron en dos *momentos*. Esto carece de importancia para el presente propósito, y puede fácilmente tratarse en relación con cualquiera de ambas teorías.)

Es interesante señalar que la teoría tradicional Absoluta y la teoría tradicional Relativa coinciden en que existe algo que puede llamarse *las* fechas de las dos batallas, y algo que puede llamarse *el* lapso de tiempo transcurrido entre ellas. Ninguna de dichas teorías admitiría que el mismo par de acontecimientos podrían importar varias relaciones temporales diferentes; que, por ejemplo, pudieran ser ambas contemporáneas y, sin embargo, una se hubiera producido antes que la otra, o que pudieran precederse en varias cantidades diferentes. Ambas teorías coinciden en que existe una y solamente una relación temporal entre un par de acontecimientos determinados, y en lo que divergen es en el justo análisis de esta relación. Este hecho tiene importancia porque es precisamente sobre este punto en el que la Teoría de la Relatividad difiere de las otras dos. Como veremos

más adelante, la Teoría de la Relatividad niega la existencia de una sola relación que pueda llamarse *el* lapso de tiempo transcurrido entre un *determinado* par de acontecimientos.

Ahora que ya hemos examinado la diferencia entre las teorías Absoluta y Relativa del Tiempo podemos considerar brevemente los argumentos que cada una de ellas defiende. Estos pueden dividirse en dos clases, a saber: aquellos que conciernen directamente al Tiempo y aquellos que le conciernen sólo indirectamente a través del Movimiento. El movimiento absoluto implica Tiempo y Espacio absolutos, aunque, naturalmente, puede haber movimiento relativo incluso habiendo Tiempo y Espacio absolutos. La Teoría Absoluta no niega el movimiento relativo, sino que afirma sencillamente que todo movimiento relativo no es más que la comparecencia de movimientos absolutos. Los argumentos a favor y en contra de estas teorías que se basan en el movimiento pueden exceptuarse por ahora, para entrar a considerar aquellos que se refieren directamente al Tiempo.

El mérito principal de la Teoría Relativa reside en que es más sencilla y se mantiene más próxima a los hechos observables. Nosotros podemos observar los acontecimientos, y si dos acontecimientos se producen en el mismo Presente Lato, o si uno es percibido y el otro recordado, podemos observar directamente la relación temporal entre ellos. Lo que no podemos percibir son momentos de Tiempo. Ni tampoco podemos decir que son entidades hipotéticas, como los átomos y electrones, los cuales tampoco podemos percibir. Aceptamos estos últimos porque existen ciertos hechos perceptibles que podemos explicar con ellos, pero que no podemos explicar tan fácilmente sin ellos. Sin embargo, mientras se presupone que los electrones son causas con efectos perceptibles, no se presupone que los meros momentos hagan algo o produzcan algún efecto, bien sea perceptible u otro.

Sin duda alguna, en Tiempo existe algo más que meras relaciones. Ya hemos visto que la serie de Tiempo tiene un sentido intrínseco definido y que éste procede del continuo aumento del total de lo existente, mientras que con lo que nunca ha existido no ocurre así, salvo en un sentido derivativo y analizable. Aunque no hubiera «cambio» en el sentido corriente de la palabra, es decir, si cada nueva sección de lo existente fuera cualitativamente indistinguible de todas sus predecesoras, existiría este continuo devenir. Pero que esta característica absoluta de Tiempo sea reconocida no supone objeción alguna a la Teoría Relativa como tal. Si debe ser rechazada, esto no se efectuará a favor de la Teoría Absoluta, sino a favor de algo aún más relativo que la propia Teoría Relativa.

Una objeción secundaria a la Teoría Relativa de Tiempo, que figura en la mayoría de los libros de Mecánica, es que dicha teoría es incompleta. En la práctica, los Relativos, así como otras personas, hablan constantemente de momentos y de diversos acontecimientos que acontecen en el mismo momento. Está claro que para los Absolutos tales juicios son expresiones literales de la realidad. Para los Relativos no pueden serlo, ya que literalmente no creen en la existencia de momentos; constituye, por tanto, deber suyo explicar lo que quie-

ren decir por «momentos». Una definición que sea: *a)* Compatible con su teoría, y *b)* Compatible con la utilización corriente de dicho vocablo por ellos y por otros. Pero, invariablemente, se evaden de dicho deber. El problema puede, no obstante, resolverse mediante el Método de la Abstracción Extensiva. Este Método debá emplearse para dos fines: 1) Para definir los acontecimientos momentáneos en términos de acontecimientos finitos y sus relaciones de sobreposición parcial, y 2) Para definir los momentos. Un momento es eventualmente definido como una clase de acontecimientos momentáneos. Así la objeción en discusión no es intrínseca a la Teoría Relativa de Tiempo, sino únicamente a la presentación corriente de la misma.

Examinemos ahora la diferencia entre las Teorías Absoluta y Relativa de Espacio. Esta es muy similar a la diferencia entre las dos teorías de Tiempo. Creo que resulta mucho más difícil aceptar una teoría puramente relativa de Espacio, debido a ciertas complicaciones adicionales que surgen precisamente en relación con él. Según la Teoría Relativa, las relaciones espaciales conexan directamente porciones de materia; por ejemplo, la teoría afirma que Cambridge se encuentra a 60 millas al nordeste de Londres, y esto lo considera como una relación directa entre las dos ciudades. La Teoría Absoluta analizaría este hecho en tres proposiciones, a saber: 1) Londres es un punto determinado p_1 de Espacio Absoluto; 2) Cambridge es un punto determinado p_2 de Espacio Absoluto; y 3) p_2 está a 60 millas al nordeste de p_1 *. De esto se desprende que la Teoría Absoluta asume ciertas entidades, que podrían llamarse *puntos geométricos*, además de la materia, y las relaciones espaciales los vinculan directamente; sólo indirectamente vinculan porciones de materia, siempre que éstas estén *en* los puntos geométricos en cuestión.

Además, en el caso de Espacio existe otra complicación no presente en Tiempo. Los acontecimientos siempre importan las mismas relaciones temporales recíprocas; la batalla de Hastings siempre precede a la batalla de Waterloo en setecientos cuarenta y nueve años, una vez que esta última tuvo lugar. Pero las porciones de materia cambian de lugar, por lo que resultan ambiguos los criterios sobre *la* distancia de una porción de materia a otra o sobre *la* posición relativa de dos porciones de materia. Un tren que va desde Londres a Edimburgo, por la ruta de la costa oriental, se encuentra a veces al este de Londres y otras al oeste de Londres, encontrándose constantemente a diferentes distancias de esta capital. La forma en que la Teoría Absoluta considera estos hechos es la siguiente: Juzga que los puntos de Espacio Absoluto mantienen entre sí relaciones puramente geométricas, las cuales son totalmente independientes del Tiempo. Introduce el gravamen de cambio sobre la relación *en*, que vincula porciones de materia con puntos de Espacio. Lo que quiere decir es que *en*, en el sentido actual, consiste en una relación de tres términos que siempre vincula una porción de materia, un punto geométrico y un momento de Tiempo. El criterio más sencillo que uno puede

(*) Aquí hago caso omiso del movimiento de la Tierra.

exponer acerca de la posición de una porción de materia es que ésta se encuentra en tal y tal punto, en tal y tal momento. Otra forma de exponer esta cuestión es que la presencia de una porción de materia en un punto geométrico constituye un acontecimiento y, como todos los acontecimientos, éste ocupa un momento determinado de Tiempo Absoluto. Se afirma que la relación de estar en un punto en un momento importa ciertas propiedades que merece la pena señalar: 1) Dos porciones de materia no pueden estar en un mismo punto en el mismo momento. Esta propiedad expresa la impenetrabilidad de la materia. 2) Una porción de materia no puede estar en el mismo momento en dos puntos distintos. (La única pretendida excepción en este caso es el Cuerpo y la Sangre de Cristo en la celebración de la Eucaristía.) 3) Si una porción de materia se encuentra en dos puntos distintos en dos momentos distintos ésta deberá hallarse en una serie continua de puntos intermedios en momentos intermedios. Esto expresa el hecho de que las porciones de materia no abandonan repentinamente un lugar para después aparecer en otro, sin seguir un camino del primero al segundo. 4) Cada porción de materia se encuentra en un punto u otro en todo momento. Esto expresa la indestructibilidad de la materia.

Todas estas proposiciones expresan, sin duda, importantes hechos que generalmente se consideran como naturales a la materia, y toda teoría debe contenerlas en alguna forma. En la Teoría Relativa de Espacio está claro que necesitarán una gran reinterpretación, ya que esta Teoría no cree ni en puntos geométricos ni en momentos en el sentido literal de dichas palabras. De esto se desprende que si la Teoría Relativa de Espacio ha de ser de algún provecho, ésta deberá dar significado a todos estos criterios, los cuales *a)* no deberán implicar la existencia literal de puntos y momentos, y *b)* equivaldrán, sin embargo, en la práctica, a dichas proposiciones. Cabe mencionar que los autores de libros sobre Mecánica, cuyo texto comienza por decir que el Espacio es relativo, jamás tratan de exponer nuevamente estos criterios en los términos de su teoría, y ni incluso mencionan o reconocen la necesidad de hacerlo.

Pues bien; este hecho que determina que las cosas se mueven constituye simultáneamente una dificultad en la noción de distancia y en la posición relativa de la Teoría Relativa. A menudo necesitamos conocer la distancia entre una cosa en un momento y otra cosa en otro momento. Cuando tratamos de medir la velocidad de cualquier cosa resulta evidentemente necesario conocer la distancia entre una partícula de materia en el momento de partir y otra partícula de materia en el momento de llegar. Además, si utilizamos una vara de medir, que deberá ser tendida y levantada varias veces entre A y B, está claro que lo que medimos directamente no es ni la distancia entre A y B en t_1 (en el momento en que empezamos a medir) ni la distancia entre A y B en t_2 (el momento en que terminamos de medir). Si en ciertos casos la distancia medida coincide con la distancia momentánea esto será una cuestión de inferencia, y la Teoría Relativa

deberá exponer y justificar las suposiciones que se han hecho y los convencionalismos utilizados para tales deducciones.

La Teoría Absoluta puede, naturalmente, dar un *significado* totalmente preciso a la distancia entre un cuerpo en un momento y el mismo cuerpo u otro distinto en otro momento. Lo que quiere decir es que la distancia que se necesita es la distancia entre el lugar donde se encontraba uno de los cuerpos en el primer momento y el lugar donde se encuentra el otro cuerpo en el segundo momento. En la vida corriente utilizamos constantemente esta fraseología; mas olvidamos que aunque tiene un significado literal en la Teoría Absoluta, necesita que le *sea dado* un significado en la Teoría Relativa. Según esta última, el significado fundamental de distancia es la distancia entre dos cuerpos en el mismo momento. En cuanto observamos esto vemos también que la Teoría Relativa de Espacio no puede ser completa sin cierto criterio de simultaneidad en diferentes lugares. Este ejemplo destaca en gran medida los méritos y defectos de cada tipo de teoría. La Teoría Absoluta da un *significado* exacto a la noción de la distancia entre dos cuerpos en diferentes momentos; pero, debido a que indudablemente no podemos percibir puntos de Espacio Absoluto, deja de explicar cómo llegamos a saber que medimos distancias en el sentido definido. Por otra parte, la Teoría Relativa da un significado claro sólo a la noción de la distancia entre dos cuerpos en el mismo momento; y esto no es suficiente para los propósitos prácticos y científicos. Pero lo que sí hace es atenerse a cuerpos, es decir, a cosas que en realidad percibimos y tratamos.

Resulta harto evidente que la Teoría Relativa adolece de una falta de perfección y de no ser plenamente consciente de sus responsabilidades. Dicha Teoría debería empezar por acontecimientos y considerar como fundamental la relación de distancia entre acontecimientos contemporáneos. La noción de cuerpos y de distancias entre cuerpos en diferentes momentos deberá establecerse sobre dicha base; uno no puede considerar ya sea el Espacio, el Tiempo o la Materia como algo dado. Existe una matriz común de la que se desarrollan estos tres conceptos mediante la experiencia y reflexión sobre los mismos. La Teoría Relativa necesita definir ciertos sentidos de Espacio, los cuales seguirán siendo relativos, mas no serán meramente momentáneos. La ciencia y el sentido común requieren un Espacio que sea eterno, en el sentido de que perdure invariable a través del Tiempo; un conjunto de Espacios no es suficiente. Precisamente uno de los grandes méritos de Whitehead es el de haber comprendido este punto. La Teoría Absoluta nos ofrece un Espacio eterno; mas como éste no puede percibirse ni deducirse causalmente de lo que es perceptible, resulta algo así como el ofrecimiento de un *ladrillo de oro o de un castillo en el país de los sueños*. La Teoría Relativa (cualesquiera que sean sus pretensiones) sólo nos ofrece un conjunto de espacios momentáneos. Esto comporta, por lo menos, dos desventajas: 1) Que las relaciones estrictamente momentáneas entre cuerpos no pueden ya observarse directamente más que como distancias entre puntos de Espacio Absoluto; y 2) Que el movimiento se transforma, no ya en un cambio de posición de un

Espacio, sino en un movimiento de un Espacio momentáneo en otro Espacio momentáneo. Difícilmente puede la Teoría Relativa resolver estos problemas sin recurrir precisamente a aquellas cuestiones que conducen a la Teoría Especial de la Relatividad.

Dejemos por ahora el tema Espacio Absoluto c/ Espacio Relativo como tal y consideremos aquellos argumentos sobre este mismo tema que dependen de la cuestión Movimiento Absoluto c/ Movimiento Relativo. Dudo mucho de que la gente se hubiera preocupado del Espacio y Tiempo Absolutos de no haber sido por las serias dificultades que parecían existir sobre el movimiento puramente relativo. En realidad, esta cuestión ha salido a flote dos veces en la Historia: primero, con motivo del establecimiento de la dinámica clásica por Galileo y Newton; y después, hace relativamente pocos años, en relación con la electrodinámica.

Es corriente que escritores científicos con cierto tinte filosófico hablen como si de por sí el sentido común mantuviese sin vacilación alguna que el movimiento es puramente relativo, y como si sólo las personas seducidas por la Metafísica creyeran en el movimiento absoluto. Esto constituye, naturalmente, un profundo error. Es verdad que el hombre corriente no quiere decir por *movimiento* el movimiento absoluto definido por Newton. Pero, probablemente, este mismo hombre mostrará aún mayor perplejidad ante la teoría de que todo movimiento es puramente relativo, una vez le hayan sido explicadas las consecuencias lógicas de dicha teoría. Naturalmente, las teorías científicas, tanto del movimiento absoluto como del movimiento relativo, son análisis intelectuales extremadamente abstractos de hechos que el hombre corriente se siente satisfecho con ver y sentir sin tener que analizarlos. Además, puede afirmarse con cierto atrevimiento que el análisis ofrecido por la teoría absoluta es considerado por el sentido común más cercano a los hechos que el análisis propuesto por los Relativos. Este permanece oculto por la propia forma indiferente y confusa con que la mayoría de los Relativos exponen sus ideas; en la práctica resulta casi tan difícil considerar de manera consecuente un punto de vista relativo sobre el movimiento como tener constantemente en cuenta que en las antípodas los hombres no tienen la desagradable sensación que tendríamos nosotros si estuviésemos colgados con la cabeza para abajo y los pies pegados al techo. Tratemos ahora de exponer claramente las dos teorías y de sacar sus consecuencias lógicas. Movimiento Absoluto es el tránsito de un cuerpo de un punto de Espacio Absoluto a otro. El resto Absoluto es lo que queda de un cuerpo en un punto de Espacio Absoluto. El movimiento Relativo tiene el mismo significado en ambas teorías; constituye simplemente un cambio en las posiciones relativas de dos cuerpos. La diferencia reside en que los Relativos mantienen que todo movimiento es simplemente un cambio en las relaciones espaciales de un cuerpo con otros, mientras que los Absolutos dicen que existe tanto movimiento absoluto como relativo, y que ambos deben distinguirse entre sí. En la Teoría Absoluta todo movimiento relativo implica movimiento absoluto, que es lo que captamos; pero el conocimiento del movimiento relativo no

es suficiente para determinar sin ambigüedades los movimientos absolutos que entraña. Supongamos que A y B son dos cuerpos, y que *u* es la velocidad a que aumenta la distancia entre ellos. Así, pues, *u* es una velocidad relativa. Los Absolutos mantienen que esto se debe a movimientos absolutos bien sea en A, en B o en ambos, y que lo más que podemos decir sobre dichos cuerpos es que su diferencia equivale a *u*.

Ahora bien, el punto donde la teoría puramente relativa del movimiento choca con el sentido común es que nunca permitirá a uno afirmar de dos cuerpos cualesquiera que uno de ellos se mueve y el otro está inactivo. La distancia entre A y B es una relación mutua perfectible; si la distancia entre A y B aumenta en una velocidad determinada, la distancia entre B y A aumenta *ipso facto* en la misma velocidad. Pero si movimiento quiere decir simplemente velocidad de cambio de distancia entre cuerpos, no tiene sentido decir que A se mueve y B no se mueve. Supongamos que yo soy el cuerpo A y que B es la pared de la habitación. El sentido común está completamente seguro de que yo me muevo y de que la pared está quieta. Mas para el Relativo consecuente esto no es más que una tontería; aunque la verdad es que la pared se mueve hacia mí precisamente por la misma razón y en el único sentido en que él admite el movimiento. En este caso, el sentido común aparece más a favor de los Absolutos que de los Relativos. Efectivamente, admite que, en casos particulares, resulta muy difícil o imposible establecer en qué proporciones debe dividirse un determinado movimiento relativo entre dos cuerpos, mas está plenamente convencido de que en cada caso existe un verdadero significado acerca de la pregunta: ¿Cuál es la velocidad real de cada cuerpo? Esta pregunta, como hemos observado, entraña un significado preciso en la Teoría Absoluta, pero en la Teoría Relativa su significado no está claro.

Naturalmente, no considero esta objeción del sentido común como definitiva en absoluto, pues considero que los Relativos pueden dar una respuesta completamente satisfactoria a dicha objeción. Dirían: «Usted cree que ciertos cuerpos son absolutos cuando están quietos y otros cuando están en movimiento, no porque realmente no exista otra cosa que el movimiento relativo, sino porque usted tácitamente pone por caso cierto cuerpo para relacionar con él todos los demás». Este cuerpo, para el hombre corriente, es la Tierra. El dice que la pared no se mueve, porque no se mueve en relación con la superficie de la Tierra; dice que él mismo se mueve, porque cambia su posición con respecto a este cuerpo de referencia. Uno puede olvidarse totalmente de una relación si siempre nos referimos tácitamente al mismo término en toda una serie de criterios. Si nuestro amigo de sentido común responde que cuando se mueve, se cansa, mientras que cuando otras cosas se mueven y él está quieto, no se cansa, los Relativos pueden fácilmente rechazar esta objeción. Estos últimos dirían: «Todo movimiento es relativo, y todos los movimientos relativos son, asimismo, hechos auténticos; pero no todos ellos tienen los mismos efectos. Cuando usted y la Tierra se mueven relativamente de manera recí-

proca, en su cuerpo se producen efectos; pero cuando usted permanece quieto en relación con la Tierra, moviéndose únicamente en relación con otras cosas que a su vez están en movimiento con respecto a la Tierra, como, por ejemplo, los tranvías, tales efectos no se producen. Esto no es sino una ley de la Naturaleza que debemos reconocer».

Hasta ahora los Relativos van demostrando lo que se proponían. Solamente cuando abordamos la Mecánica, y particularmente la rotación, sus dificultades comienzan a acumularse. Examinemos, en primer lugar, la rotación, ya que puede ser discutida aun desconociendo las leyes de la Mecánica, y porque proveyó a Newton de uno de sus argumentos más contundentes a favor de la rotación absoluta. Supongamos que cogemos un cubo de agua y que lo colgamos de una cuerda a la que damos unas cuantas vueltas, dejándola después que se desenrolle sola. Naturalmetne, el cubo girará rápidamente sobre su eje. Al principio el agua no girará; pero, gradualmente, comenzará a efectuar el mismo movimiento giratorio del cubo y, eventualmente, el agua y el cubo girarán como un solo cuerpo rígido. Si paramos el cubo, el agua seguirá girando durante algún tiempo, hasta que gradualmente se parará debido a la fricción. Lo que cabe observar es lo siguiente: Al principio del experimento, es decir, cuando corrientemente diríamos que el cubo está girando y el agua aún no se mueve, el agua tiene su velocidad máxima de rotación con respecto al cubo. En esa fase la superficie del agua es completamente lisa. En la segunda fase del experimento, cuando corrientemente diríamos que el agua ha tomado la velocidad de rotación del cubo, el agua no tiene velocidad de rotación con respecto al cubo. En esta fase, la superficie del agua está hundida en el centro, formando un paraboloide de revolución. Todos consideramos que la depresión en la superficie del agua se debe a la rotación de ésta. Mas, si nos limitamos a la rotación relativa, observamos que la depresión era *nula* cuando la rotación relativa se hallaba en su máximo grado, y que la depresión era máxima cuando la rotación relativa era *nula*. Si ahora examinamos la fase siguiente del experimento, cuando, según diríamos corrientemente, el cubo se ha parado y el agua sigue girando, nos encontramos de nuevo con una velocidad máxima de rotación relativa, mas acompañada aquí de una depresión máxima en la superficie del agua. Esto nos lleva a pensar que no existe en absoluto una conexión regular entre la rotación relativa y la depresión, ya que la depresión puede ser máxima lo mismo cuando no hay rotación relativa que cuando la rotación relativa llega al máximo; y, a su vez, la depresión puede ser *nula* lo mismo cuando hay una máxima rotación relativa—como al principio—que cuando no hay rotación relativa—como al final del experimento.

Estos son los hechos que condujeron a Newton a afirmar que debemos distinguir entre la rotación absoluta y relativa. Esta cuestión puede resumirse de la siguiente forma: Si consideramos que toda rotación es simple y puramente la rotación de un cuerpo con respecto a otro, no podemos encontrar ninguna ley general que vincule la rotación a la de la depresión. No obstante, todos coincidimos en que la

depresión se debe en cierto modo a la rotación. La proposición de Newton consistía en que la rotación absoluta, y solamente ella, produce cambios físicos como la depresión del agua en el cubo y el achatamiento de la Tierra en los polos. Es verdad que sólo podemos observar las rotaciones relativas de cuerpos; pero éstas son aspectos de rotaciones absolutas, pudiendo atribuir a cada uno de los cuerpos, mediante el estudio y medición de tales consecuencias físicas, como son la depresión y el achatamiento, su propia cantidad de movimiento absoluto.

Ahora bien, los hechos sobre los que Newton basó su argumento son auténticos y de gran importancia, mas no necesitan de la conclusión a la que él llegó, aunque, indudablemente, ésta constituye una forma de explicarlos. Pueden también explicarse con el mismo provecho sin recurrir al movimiento absoluto. Si reflexionamos veremos que es lógicamente imposible que las aserciones anteriores, que tratan en su totalidad de cuerpos, como el agua y el cubo, y sobre sus formas y movimientos relativos, requieran conclusiones sobre algo enteramente diferente, a saber, Espacio Absoluto y Tiempo Absoluto. Por demostración lógica uno puede llegar a conocer nuevas relaciones entre los términos mencionados en las aserciones anteriores, pero lo que es imposible es llegar a conocer la existencia de otros términos de una clase completamente diferente de los que mencionamos en dichas aserciones. Por consiguiente, después de consideraciones puramente lógicas, salta a la vista que el argumento de Newton no requiere una creencia en el movimiento absoluto. Lo que sí podemos discutir lícitamente es que *si* existen cosas tales como Espacio, Tiempo y Movimiento absolutos, es sólo mediante la rotación, y al producir efectos perceptibles en la materia como primeramente se manifiestan, pudiendo descubrir, mediante el estudio de dichos fenómenos, su presencia y medir la magnitud del movimiento absoluto en cada cuerpo.

Pero, como he dicho anteriormente, los Relativos pueden interpretar el experimento del cubo en términos de su teoría. Si reflexionamos detenidamente sobre los resultados del experimento observamos que lo único que nos muestran es que *una particular* rotación relativa no está vinculada a la depresión del agua en el cubo por una simple ley cualquiera. Dichos experimentos muestran que la rotación relativa de agua y cubo no es pertinente; aunque de ellos no se desprende en absoluto que *ninguna* rotación relativa sea pertinente. Al principio del experimento el agua estaba quieta con relación a las estrellas; a la mitad, giraba; y al final estaba otra vez quieta con relación a las estrellas. Por tanto, lo que los Relativos deberán afirmar es lo siguiente: «No existe nada más que relación relativa, y cualquier cuerpo que se escoja tiene en uno y en el mismo movimiento toda clase de rotaciones relativas diferentes. Por ejemplo, al principio el agua gira respecto al cubo y está quieta respecto a las estrellas. Cada uno de estos estados de movimiento es igualmente real, y entre ellos no existe incompatibilidad, ya que no se trata solamente de propiedades del agua, sino de relaciones entre ella y otras cosas. No es menos razonable decir que el agua está simultáneamente quieta y en movimiento,

que un hombre es simultáneamente un padre y un hijo; nos parece extraño porque nos obsesiona el fantasma de la Teoría Absoluta. Pero de todos estos diversos, aunque igualmente reales y coexistentes movimientos, solamente algunos están conexos por simples leyes a los cambios físicos que se producen en el agua. La rotación relativa entre el agua y las estrellas es la causa de la depresión en la superficie del agua; la rotación relativa entre el agua y la pared del cubo no causa tal depresión si el agua no se mueve respecto a las estrellas». Esta respuesta de los Relativos parece ser compatible con todos los hechos concernientes al experimento del cubo, resultando perfectamente coherente.

A continuación abordaré ciertas objeciones planteadas en contra de esta interpretación de los hechos.

1) A veces se dice: Supongamos que el agua estaba *quieta* y que las estrellas giraban en torno a ella; en este caso el agua se *movería* relativamente a las estrellas. Según esta explicación, en el agua debería producirse una depresión. ¿Es que tiene sentido suponer que la mera rotación de las estrellas pueda tener algún efecto sobre el agua del cubo? Esta objeción es ridícula y circular. Se basa en una suposición que tiene un significado en la Teoría Absoluta, mas ningún significado en la Teoría Relativa. En la Teoría Absoluta existe un sentido para distinguir entre el caso en el que el agua gira y las estrellas permanecen quietas, y el caso en el que las estrellas giran y el agua no se mueve. Pero esta distinción carece de sentido en la Teoría Relativa. Por tanto, este argumento está fuera de lugar por ser opuesto a la Teoría Relativa. En realidad, dicho argumento es circular, puesto que su premisa solamente tiene significado para un hombre que ha rechazado la Teoría Relativa, no pudiendo, por consiguiente, ser utilizada consecuentemente como argumento contra esta teoría.

2) Una objeción de más peso es la siguiente: Incluso si el cielo hubiera estado siempre cubierto de nubes, de manera que las estrellas no se hubieran podido observar nunca, podríamos, sin embargo, haber descubierto que la Tierra gira y que tiene un eje determinado, así como medir su velocidad de rotación mediante el compás girostático y el péndulo de Foucault. ¿Qué es sino la rotación absoluta de la Tierra lo que descubrimos y medimos en tales casos? ¿Cómo puede ser la rotación de la Tierra relativa respecto a las estrellas, si éstas no entran en absoluto en el asunto? Considero que esta objeción es ilógica, mas se necesita reflexionar un poco antes de rebatirla. Expondré el caso del péndulo de Foucault, dejando a un lado el compás girostático, ya que éste resulta más complicado de explicar sin recurrir a las Matemáticas. Baste señalar que la siguiente respuesta sobre el péndulo de Foucault, de resultar válida, será igualmente aplicable al compás girostático.

A fin de simplificar la cuestión, supongamos que colgamos el péndulo del Polo Norte y que comienza a balancearse. Con tiza hacemos una marca donde el plano en que el péndulo comienza a balancearse corta la Tierra. A medida que pasa el tiempo observamos que el péndulo deja de balancearse en este plano; y si hacemos otra raya con

tiza, ésta formará un ángulo recto con la primera. En realidad, el plano girará lentamente y su rotación durará veinticuatro horas. Si este experimento se efectúa en cualquier otro lugar de la Tierra se obtendrán resultados análogos. Las diversas medidas dependerán de la latitud, pudiéndose observar también que todas ellas están relacionadas unas con otras y con la propia latitud por una simple ley. El hecho que debe destacarse es que lo que se ha medido en todos los casos es una rotación *relativa* entre el plano de balanceo del péndulo y la superficie de la Tierra. Supongamos que el cielo ha estado siempre cubierto de nubes, de manera que las estrellas no hubieran sido nunca observadas; he aquí lo que la gente probablemente diría en tal caso: «Todos los péndulos giran lentamente sobre sus planos de rotación respecto a la Tierra, y la forma en que lo efectúan en los diferentes lugares responde a una simple ley».

Ahora bien, si el movimiento es puramente relativo esto equivale precisamente a decir que la superficie de la Tierra gira con respecto a los planos de los péndulos que se balancean. De esto se desprende que en la Teoría Absoluta podría haberse dado un significado completamente claro a la rotación de la Tierra, incluso aunque las estrellas no hubieran sido jamás observadas. Supongamos que algún teórico hubiera afirmado: «Pueden existir otros cuerpos más allá de las nubes; en tal caso, ¿gira la Tierra a la misma velocidad con respecto a ellos?». Evidentemente, a esto no podría haberse dado respuesta alguna. Nosotros, que podemos ver las estrellas, sabemos que los planos en que se balancean los péndulos no giran con respecto a ellas y, por tanto, sabemos que la rotación de la Tierra o de cualquier otro cuerpo respecto al plano de balanceo de un péndulo equivale a su rotación respecto a las estrellas. Este singular hecho de la Naturaleza hubiera permanecido oculto para nosotros de no haber podido observar nunca las estrellas; de no haber sido así, ahora nos encontraríamos exactamente en aquella misma posición. *Nosotros* podemos decir: «La Tierra gira a tal y tal velocidad, tanto con respecto a las estrellas como a los planos del péndulo». Personas que no hubieran visto nunca las estrellas sólo podrían hacer la segunda parte de la afirmación. Nosotros conocemos un hecho suplementario que ellos desconocen, mas todo lo que unos y otros conocemos trata de la rotación relativa.

3) La tercera objeción se confunde generalmente con la que acabamos de analizar, pero, en realidad, es totalmente distinta. Se dice: «Si no hubiera estrellas la Tierra no podría girar con respecto a *ellas*. Sin embargo, se afirma que es la rotación respecto a las estrellas la que causa el achatamiento de la Tierra en los polos y la depresión del agua en un cubo que gira. ¿Es que puede defenderse la idea de que si las estrellas fueran eliminadas la Tierra se transformaría en una esfera perfecta y que la superficie del agua en el cubo permanecería completamente lisa? En realidad, debería defenderse esta idea puesto que se dice que la causa de la depresión del agua es su rotación respecto a las estrellas. Si las estrellas dejaran de existir esta rotación relativa se desvanecería también *ipso facto*, pues habiendo dejado de

existir la alegada causa de la depresión es de suponer que también cesara la propia depresión».

Antes de discutir esta objeción señalaré su exacta conexión con la anterior y a qué se debe la frecuente confusión entre ambas. El argumento que acabamos de exponer trata de la causa física de fenómenos tales como el achatamiento de la Tierra en los polos y la depresión del agua en el cubo que gira. Además, subraya una deducción de la Teoría Relativa, cuyos adeptos son propensos a olvidar. La teoría estipula que la causa de tales fenómenos es la rotación de la Tierra o del cubo respecto a algún otro cuerpo o cuerpos. Mas si esto es literalmente verdad, puede parecer que la existencia de *por lo menos uno* de los cuerpos de referencia asignados debe ser una parte esencial de la causa de los fenómenos físicos en cuestión. Los Relativos tienden a considerar las estrellas, o cualquiera que sea el punto de referencia que utilicen, como *meros* ejes de referencia, y en ningún sentido como factores causales. La objeción que estamos examinando demuestra que esto es contradictorio. Para que la Teoría Relativa cuadre con los hechos es necesario mantener que ciertos movimientos relativos resaltan de todos los demás en la generación de consecuencias físicas observables. Estos movimientos relativos que resaltan son los que tienen los cuerpos respecto a *ciertas* porciones de la materia, como, por ejemplo, las estrellas. Estas singulares porciones de materia se sitúan así en una posición particular entre todos los demás cuerpos. El movimiento respecto a cualquiera de estos determinados grupos de cuerpos producen los fenómenos físicos; movimientos similares respecto a otros cuerpos no producen consecuencias físicas similares. Por ello, la existencia de este privilegiado grupo de cuerpos constituye un factor esencial en la generación de estos particulares fenómenos físicos; por lo que no tenemos derecho a pensar que dichos fenómenos podrían seguir ocurriendo de ser eliminados todos los cuerpos del mencionado grupo. (No es preciso suponer que la existencia de *un* miembro cualquiera de este grupo, por ejemplo, las estrellas, sea esencial. Lo que sí aparece como esencial es que debe haber *por lo menos* un miembro del mencionado grupo, aunque no sea substancial cuál de ellos deba ser.) He aquí la base del presente argumento, cuya fuerza reside en que resulta difícil creer que la existencia de cierto grupo privilegiado de cuerpos constituye un requisito indispensable del achatamiento de la Tierra o de la depresión del agua.

Ahora bien, el argumento anteriormente expuesto no trata de causalidad física, sino de significado y demostración del criterio de que la Tierra gira. En él se indica que pudiendo saber cómo gira la Tierra, así como su velocidad de rotación, aunque no hubiésemos visto las estrellas, no podemos, mediante el criterio de que la Tierra gira, *decir* que lo hace simplemente respecto a las estrellas. De esto, el argumento saca la conclusión de que cuando hablamos de la rotación de la Tierra debemos querer decir rotación absoluta, y que debemos poder descubrirla y medir su velocidad a través de observaciones llevadas a cabo sobre cuerpos puramente terrestres. Como hemos visto, la premisa de este argumento, así como la primera parte de su conclusión, son justas,

más su conclusión final no corresponde. Lo que observamos en estos experimentos puramente terrestres sigue siendo la rotación relativa, y lo que los hombres que no hubieran observado las estrellas habrían querido decir al afirmar que la Tierra giraba es que hace lo propio respecto al plano de un péndulo que se balancea. Nosotros, que podemos observar las estrellas, hemos hallado el hecho adicional de que la rotación de la Tierra respecto a las estrellas es la misma que su rotación respecto a un péndulo que se balancea en el Polo Norte.

Por consiguiente, los argumentos son enteramente distintos. ¿A qué se debe que ambas objeciones sean confundidas tan a menudo? Considero que la razón es la siguiente: Ya que se puede averiguar la rotación de la Tierra sin conocer nada acerca de las estrellas, no pueden, por tanto, las estrellas ser una parte esencial de la causa de fenómenos tales como el achatamiento de la Tierra. Este es, sin embargo, un argumento muy poco convincente. Nosotros podemos averiguar muchas cosas acerca de los síntomas y tratamiento que requiere la gripe, pese a que nadie ha visto jamás un microbio de la gripe. Esto no demuestra que dichos síntomas no dependan de un microbio ni que cesarían por completo si el microbio fuera exterminado.

Habiendo, pues, esclarecido las conexiones reales e imaginarias que existen entre estas dos objeciones, consideremos ahora la segunda de ellas, a la que pueden hacerse varias refutaciones. La primera, planteada por Mach *, considero que es lógicamente acertada y que comprende una importante verdad, aunque—como señalaré más adelante—no satisface plenamente nuestros instintos físicos. El argumento que estamos discutiendo parte de la convicción de que cuerpos remotos, tales como las estrellas, no pueden ser factores esenciales en la generación de fenómenos puramente terrestres como el achatamiento de la Tierra y la depresión del agua en el cubo. La respuesta de Mach indica que tal convicción no es más que un mero prejuicio, y señala también el origen de dicha convicción. Mach dice que, en realidad, no tenemos ni la menor idea de lo que ocurriría si las estrellas fueran eliminadas, y que, por tanto, no tenemos derecho a suponer que el achatamiento de la Tierra y la depresión del agua seguirían existiendo después de tal cataclismo cósmico. Los hechos en que se basa Mach para hacer esta afirmación me parecen justos. Helos aquí: Las leyes del movimiento y todas las demás leyes científicas han sido descubiertas y verificadas en un mundo en el que, en realidad, no existen las estrellas. Nuestras leyes hacen mención explícita de estos cuerpos porque constituyen un factor constante, y se supone que seguirán siendo un factor constante en todas las predicciones que hagamos mediante dichas leyes. Mas, aunque no es necesario mencionar los factores constantes, esto no quiere decir que sean causalmente ajenos. Decimos que el gas arde cuando le acercamos una cerilla encendida; pero, por lo general, no mencionamos que para esto debe estar presente el aire, ya que prácticamente siempre está presente cuando encendemos cerillas y tratamos de prender el gas. Sin embargo,

(*) *Ciencia de la Mecánica.*

este factor constante es tan necesario como las cerillas y el gas; y si dijésemos que la carencia de aire no importa, estaríamos equivocados. No puede suponerse con plena seguridad que cualquier factor que haya estado presente en todos los casos mediante los cuales se haya verificado una ley pueda ser innecesario para justificar la justeza de dicha ley, hasta tanto no haberse producido determinado ejemplo negativo en el que el factor estuviera ausente y, no obstante, la ley siguiera siendo justa. Está claro que no podemos eliminar las estrellas, hacer girar un cubo y observar si en el centro del agua se verifica aún la depresión. Por tanto, no hay razón para sentirnos tan seguros de que seguiría habiendo dicha depresión si no existieran las estrellas.

Ahora expondré por qué este argumento, aunque lógicamente justo y basado en un importante principio general, puede no satisfacernos como físicos. La respuesta de Mach acepta la opinión de que el achatamiento de la Tierra y la depresión del agua dependen del movimiento relativo respecto a las *estrellas*, y que, por tanto, la existencia de estos cuerpos constituye un factor esencial en la causa de tales fenómenos. Debemos observar que, de ser esto verdad, introduce una clase muy peculiar de causa física. Es de tal clase que, de haber muchas como ella en el mundo, la Física y todas las demás ciencias experimentales serían imposibles. En todo nuestro trabajo práctico una suposición fundamental es que cuanto más distante se encuentra un cuerpo menor es su importancia respecto a los fenómenos físicos en una región dada. El químico supone que prácticamente todo lo que ocurre fuera de su laboratorio y la mayor parte de las cosas que ocurren fuera de su tubo de ensayo son ajenas a los fenómenos que se producen dentro del tubo de ensayo. Nosotros estamos, naturalmente, dispuestos a admitir que todo lo que ocurre en cualquier lugar posiblemente tiene influencia sobre todo lo demás, y que cuanto más escrupulosamente efectuemos nuestros experimentos menos nos podremos permitir considerar algo carente de importancia. Pero, a menos que los objetos muy distantes pudieran ser, en general, ignorados sin correr riesgo alguno, e ignorados con mayor seguridad cuanto más alejados se encuentren, toda investigación experimental sería imposible, ya que ningún fenómeno podría aislarse, aun prudencialmente, del resto del mundo. Si las fuerzas de gravitación, eléctricas y magnéticas, variaran directamente en lugar de inversamente respecto al cuadrado de la distancia, se produciría lo que el señor Moorkerjee llamó muy acertadamente «una extraña batahola o un precioso lío». Ahora bien, la respuesta de Mach introduce de hecho un tipo de causa física que es precisamente de esta clase y a la que se puede objetar: las estrellas son los cuerpos más distantes que conocemos, y, sin embargo, son un factor esencial en la causalidad del achatamiento de la Tierra y de la depresión del agua. Por ello dije anteriormente que las deducciones a las que llega Mach en su respuesta estaban en contradicción con nuestros instintos físicos. Mas, en este caso, es posible que nuestros instintos físicos no sean más que meros prejuicios. También puede ocurrir que todas las leyes de la Naturaleza que se conocen, al ser plenamente expuestas, incluyan dos clases de

factores, a saber: Por una parte, aquellos que en realidad mencionamos y comparamos, y, por otra, la estructura general del universo estelar. Esta última no ha variado en absoluto hasta el presente, por lo que no nos ha causado ningún perjuicio el desdeñarla, limitándonos totalmente al primer factor.

Ahora trataré de exponer una posible segunda respuesta a la objeción que estamos examinando sobre la Teoría Relativa del Movimiento. Me inclino a pensar que la respuesta de Mach concede a su contrario más de lo necesario. Su contrario se limita a las estrellas, mantiene que en la Teoría Relativa sólo las rotaciones respecto a *ellas* producen consecuencias físicas, por lo que se opone a los relativos con la conclusión de que las estrellas deben ser un factor esencial en la causalidad de estos fenómenos físicos. Mach acepta esto como una clara consecuencia de la Teoría Relativa, y simplemente sostiene que a ésta no cabe objeción alguna por las razones expuestas anteriormente. A mi entender, esto constituye una concesión demasiado grande. Ya he señalado que todo cuerpo tiene en uno y en el mismo momento muchos movimientos relativos distintos, todos ellos igualmente reales, del mismo modo que cualquier ciudad tiene en uno y en el mismo momento cualquier número de distintas «distancias». En esto no hay ninguna contradicción o incompatibilidad, a no ser que tácitamente metamos de matute la idea de movimiento absoluto. Ahora bien, si las leyes de la Mecánica son reales, todos los movimientos de todos los demás cuerpos relativos, digamos a las estrellas, obedecen a cierta serie de reglas; o sea, a las leyes sobre el movimiento de Newton, o a cualquier modificación que se considere necesario efectuar en las mismas. Supongamos que una serie de cuerpos C_1, C_2... C_n obedecen a las leyes de Newton en sus movimientos respecto a las estrellas. Escojamos de esta serie cualquier cuerpo C*r*. Entonces observaremos que los movimientos de cualquier otro, por ejemplo, C_1, respecto a C*r*, puede componerse de los movimientos de C_1 y C*r* respecto a las estrellas. Mas, por hipótesis, los movimientos, tanto de C_1 como de C*r* respecto a las estrellas, obedecen a las leyes de Newton. De ahí que los movimientos de C_1 respecto a C*r* deban obedecer a leyes que son meras transformaciones matemáticas de las leyes de Newton. Exactamente las mismas observaciones son aplicables a los movimientos de cualquiera de los otros C respecto a C*r*. El cuerpo tipo C*r* puede ser todo lo disparatado que queramos; puede ser un enano bailando a la luz del sol. No obstante, si este y todos los demás cuerpos obedecen a cierto grupo de reglas en todos sus movimientos respecto a las estrellas, todos los demás cuerpos obedecerán a un grupo de reglas en sus movimientos respecto al *mencionado cuerpo*. No cabe duda de que estas reglas serían de una complejidad espantosa si hubiésemos escogido al enano, en vez de las estrellas, como nuestro cuerpo de referencia. Mas ¿qué es lo que esto demuestra? Por lo que veo, únicamente que, de no haber tenido a las estrellas como cuerpos de referencia, jamás hubiésemos *descubierto* que todos los movimientos están sujetos a leyes. Cuando decimos: «Sólo los movimientos respecto a ciertos cuerpos (entre los cuales son características las estrellas) obedecen a las leyes

de la Mecánica», esto es verdadero en un sentido y falso en otro. Es cierto que solamente tales movimientos obedecen, aunque no sea más que aproximadamente, a las sencillas y conocidas leyes del movimiento descubiertas por Galileo y Newton. No es verdad que los movimientos respecto a otros cuerpos *no* obedecen a leyes, o que las leyes a que obedecen son incompatibles con las de Newton o independientes de ellas. Las leyes de tales movimientos son, pues, simples transformaciones matemáticas, a menudo de una complejidad inmanejable, de las simples y conocidas leyes que determinan los movimientos respecto a las estrellas. Esto aparece como una consecuencia necesaria de los dos hechos siguientes: *a)* Que todos los movimientos respecto a las estrellas están sujetos a las leyes de Newton, y *b)* Que los movimientos de cualquier cuerpo respecto a cualquier otro pueden estar compuestos de los movimientos de ambos respecto a las estrellas.

Si este argumento es justo podremos dar entonces una respuesta a la presente objeción de la Teoría Relativa que admite todo lo que hay de verdadero en la respuesta de Mach sin perturbar nuestros instintos o prejuicios físicos. La objeción, recordaré al lector, era la siguiente: Si la Tierra es achatada y el agua en un cubo que gira sufre depresión sólo debido a la rotación respecto a las estrellas, entonces, si no hubiera estrellas la Tierra no sería achatada ni el agua sufriría ninguna depresión. Ahora podemos ver que esta consecuencia no se desprende de la Teoría Relativa del Movimiento. Si hiciésemos girar el cubo no existiendo estrellas seguiría habiendo movimiento relativo entre él y otras cosas. Es cierto que estos otros movimientos relativos no estarían conexos con la depresión del agua por las mismas simples leyes que conexionan dicha depresión con la rotación del cubo respecto a las estrellas. Mas la depresión estaría en conexión con estos otros movimientos relativos por las leyes que son transformaciones matemáticas de éstas más simples. En ese sentido sería justo afirmar que la eliminación de las estrellas no diferenciaría *necesariamente* tales fenómenos. Por otra parte, podemos admitir, como lo hace Mach, que no sería innocuo afirmar que las leyes que han sido descubiertas y verificadas en presencia de las estrellas seguirían necesariamente rigiendo cuando una parte tan grande e importante del universo material, como son las estrellas, fuera suprimida. La diferencia entre la respuesta de Mach y la nuestra radica en lo siguiente: Mach acepta como consecuencia necesaria de la Teoría Relativa que la existencia de las estrellas es una condición esencial de los fenómenos en discusión; más adelante trata de mostrar que no deberíamos sorprendernos ante la desaparición de tales fenómenos en ausencia de las estrellas, y que, por tanto, esta consecuencia de la Teoría Relativa no constituye ninguna objeción a la misma. Nosotros mantenemos que esto no constituye una consecuencia necesaria de la Teoría, pero agregamos que tampoco nosotros deberíamos sorprendernos si las leyes que han sido descubiertas en presencia de las estrellas cesan de regir a raíz de un cambio tan profundo como la eliminación de tales cuerpos.

El resultado final de esta discusión está en que no cabe objeción conclusiva alguna a la opinión de que todo movimiento es relativo,

y en que todos los argumentos que se han expuesto con miras a demostrar que debemos reconocer y medir indirectamente el movimiento absoluto son ilógicos. Así las cosas, considero que existen razones sólidas para rechazar la Teoría Absoluta. Después de todo, las leyes del movimiento son leyes empíricas, descubiertas mediante la observación y consideración de los movimientos reales de cuerpos reales. Así, pues, todo lo que podemos observar en forma de movimiento es el cambio de posición de un cuerpo respecto a otros. Sería verdaderamente inaudito que tales observaciones nos pudieran conducir a leyes sobre algo que, por su propia naturaleza, es inobservable, y más inaudito aún el que dichas leyes nos permitieran controlar y predecir los movimientos de los cuerpos en la Naturaleza. El Espacio, Tiempo y Movimiento Absolutos parecen ser ideas matemáticas y no componentes substanciales de la Naturaleza; y es de preferir una Tetoría que reduce a un mínimo tal andamiaje matemático, siempre que, naturalmente, corresponda a todos los hechos que aparenta tratar. Creo que los matemáticos y los autores de libros sobre Mecánica han quedado vindicados al rechazar la Teoría Relativa en las formas en que ha sido presentada corrientemente en el pasado; considero que esto se debe a la errónea e inadecuada forma en que se ha planteado, y no porque resulte imposible hacerla cuadrar con todos los hechos.

Hasta aquí podemos llegar al limitar la discusión a los fenómenos mecánicos corrientes. Mas, hace pocos años, surgió de nuevo el mismo problema en relación con la electrodinámica, poniéndose de manifiesto que el considerar los hechos de esta clase de fenómenos requiere una revisión mucho más radical de los conceptos tradicionales de la Cinemática. Esto nos lleva a la Tetoría de la Relatividad, la cual abordaré en el siguiente capítulo.

Obras adicionales que pueden consultarse con provecho:

LEIBNIZ, *Correspondencia con Ciarke.*
E. MACH, *Science of Mechanics*, cap. II, apart. VI, ap. XX y XXII.
B. A. W. RUSSELL, *Principles of Mathematics*, vol. I, cap. LVIII.
A. MÜLLER, *Das Problem des absoluten Raumes.* (Vieweg. Braunschweig, 1911).
P. PAINLEVÉ, *Les axiomes de la Mécanique*, (Gauthier-Villars, París, 1922).
H. POINCARÉ, *Science et Hypothèse*, cap. VII (Flammarion, París). *Science et Méthode*, parte II, cap. I.

Modificación de la Cinemática tradicional en el terreno de la Física (continuación). II) La Teoría Especial de la Relatividad

«Ah! that accounts for it,» said the Hatter. «He won't stand beating. Now, if you only kept on good terms with Time, he'd do almost anything you liked with the clock.... You could keep it to half-past one as long as you liked.»

(LEWIS CARROLL, *Alice's Adventures in Wonderland.*)

Las antiguas controversias entre Absolutos y Relativos, expuestas en el capítulo anterior, se desarrollaron todas ellas en relación con la dinámica, es decir, sobre los movimientos de cuerpos, así como acerca de los cambios de forma de tales como el achatamiento y la depresión, originados por algunos de esos movimientos. Sin embargo, es cierto que podría surgir la misma controversia acerca de todo lo que se mueve, y sobre cualquier clase de efecto que parezca ser originado por el movimiento. Actualmente existen pruebas convincentes—algunas de las cuales mencionaré en otro capítulo posterior—para opinar que la luz parte de su punto de origen a una gran, pero finita, velocidad. Y esta velocidad ha sido calculada. Además, los movimientos de cuerpos cargados producen efectos magnéticos que varían según la velocidad de los cuerpos.

Así, pues, en teoría, todo el asunto acerca de la opinión Absoluta y Relativa sobre el Movimiento podrá plantearse de nuevo en el terreno de la luz y de la electromagnética. Puede suponerse que una onda de luz comporta todo tipo de diferentes velocidades *relativas*, por lo que puede plantearse: Si es alguna de éstas, ¿cuál considera el físico que es *la* velocidad de la luz? El Absoluto puede aquí interrumpir para decir que por *la* velocidad de la luz debemos entender no cualquiera de sus velocidades relativas, sino su velocidad absoluta en el sentido que ésta ha sido expuesta en el capítulo anterior. Asimismo, podríamos preguntar: Si es alguna de ellas, ¿cuál de las numerosas velocidades relativas diferentes de cualquier partícula de materia cargada produce efectos magnéticos? El Absoluto puede responder a esto que *ninguna* velocidad relativa produce estos efectos, sino únicamente la velocidad absoluta del cuerpo cargado. No creo que estos hechos adicionales alteren en principio ninguna de las conclusiones a las que hemos llegado en el capítulo anterior sobre las Teorías Absoluta y Relativa. Seguidamente trataré de justificar este criterio, antes de examinar qué modificaciones imponen estos nuevos hechos en la Cinemática tradicional.

Al principio el tema resulta algo complicado debido a la introducción de un nuevo amigo—el Eter Luminífero—, el cual no figuraba en los argumentos puramente dinámicos. Así nos encontramos con

una opinión aparentemente intermedia presentada por físicos que rechazan con probo horror el Espacio, el Tiempo y el Movimiento Absolutos como ficciones metafísicas, diciéndonos que lo importante en la luz y la electromagnética es el movimiento, no respecto a este o aquel *cuerpo*, sino respecto al Eter Luminífero. Considero que para el presente propósito no existe una diferencia importante entre el Eter y el Espacio Absoluto. Originalmente se marcó una distinción, ya que solían atribuirse al Eter varias propiedades físicas, como la elasticidad y la densidad, y, además, porque se suponía que aquél causaba diversos efectos sobre la materia corriente. Esto es incompatible con la opinión tradicional de que el Espacio no hace nada y no tiene propiedades físicas, que es lo que le distingue de la materia. Pero existen dos factores que hacen tan leve la diferencia entre el Eter del físico moderno y el Espacio Absoluto de la antigua Mecánica que no vale la pena tenerla en cuenta. Por una parte, el Absoluto no tiene, en realidad, derecho a decir que el Espacio Absoluto no influye en manera alguna sobre la Materia, ya que la esencia de su opinión consiste en que el movimiento absoluto produce achatamiento y otros efectos mecánicos sobre la materia; y puesto que el Espacio Absoluto está comprendido en el Movimiento Absoluto está claro que debería mantener que aquél es un factor esencial en la causalidad de tales efectos. Por otra parte, como veremos más adelante, el Eter ha demostrado ser una entidad que se aísla cada vez más, al punto que resulta casi imposible descubrir si juega algún papel en la Física, excepto el que jugaba el Espacio Absoluto en la antigua Mecánica. Por tanto, no considero como verdaderas alternativas las dos opiniones de que *la* velocidad de la luz significa su velocidad absoluta y de que significa su velocidad respecto al Eter. El Eter no es más que un Espacio Absoluto *plus* cierta hipótesis acerca de su contenido, careciendo esta última de importancia para nuestro presente propósito.

Habiendo esclarecido esta dificultad, podemos comprobar fácilmente que los hechos sobre la luz y la electromagnética no alteran, en principio, la cuestión de Movimiento Absoluto *versus* Movimiento puramente Relativo. Al ser medida la velocidad de la luz y establecidas las ecuaciones fundamentales del campo electromagnético, los autores de libros sobre dichos temas no expresaban, por lo general, muy claramente qué puntos de referencia adoptaban. Sin embargo, está claro que, de hecho, adoptaban los conocidos puntos de referencia respecto a los cuales regían las leyes de Newton sobre el movimiento. Si se trataba de Espacio Absoluto, entonces se referían al Movimiento Absoluto; si se trataba de las estrellas, entonces se referían a movimientos respecto a las estrellas. La misma razón que nos lleva a adoptar la segunda alternativa, por lo que se refiere a la dinámica corriente, existe para hacer lo propio respecto a la luz y la electromagnética. La velocidad de la luz es algo que ha sido medido experimentalmente, y lo que se ha medido ha tenido que ser el tiempo que tarda una onda de luz en trasladarse de un *cuerpo* a otro (o, mejor dicho, de un cuerpo a otro y, de nuevo, de este segundo al primero). Evidentemente, se midió la velocidad de la luz respecto a estos cuerpos, y no

el tiempo que tardó en trasladarse de un punto de Espacio Absoluto a otro, o de una partícula de Eter a otra. De manera similar, las leyes de la electromagnética fueron descubiertas y verificadas mediante experimentos sobre *cuerpos*, y las velocidades que se observaron fueron las velocidades de estos cuerpos respecto a otros. Además, todos los argumentos que podían aducirse para mostrar que en la luz y en la electromagnética tratamos con movimientos absolutos, y que contamos con medios para medirlos indirectamente, resultan exactamente análogos a los argumentos para demostrar la misma conclusión respecto a los fenómenos de la rotación. Y ambos argumentos pueden abordarse de la misma forma. De esto se desprende que las nuevas ciencias que se han desarrollado desde los tiempos de Newton dejan exactamente en el mismo lugar la cuestión entre Absolutos y Relativos; es decir, dejan a los Relativos dueños de la situación, siempre que expongan su argumentación con suficiente esmero.

No creo que ningún físico niegue *uno* de los aspectos del anterior criterio, a saber: Que los hechos acerca de la luz y la electromagnética no aportan un nuevo apoyo a la Teoría Absoluta. Sin embargo, pueden pensar que sí proveen a la Teoría Relativa de fundamentos adicionales. Considero que esto no es exactamente la verdad, si bien es plausible, y una explicación de que por qué es así nos conducirá al centro mismo del tema que estamos tratando.

En los argumentos puramente dinámicos entre los Absolutos y los Relativos el Absoluto expuso su posición a través de *aceleración* absoluta y *rotación* absoluta. No aparentaba poder presentar alguna evidencia empírica indirecta de la *velocidad rectilínea* absoluta; aunque, naturalmente, si podía demostrar la existencia de aceleración absoluta, la existencia de velocidad absoluta sería demostrada indirectamente. Puede observarse inmediatamente, partiendo de las leyes de Newton sobre el movimiento, que la velocidad rectilínea absoluta, incluso si existe, no se manifestará mediante consecuencia dinámica alguna, ya que es la aceleración, y no la velocidad en línea recta, lo que las leyes de Newton relacionan con la energía y, por tanto, con posibles deformaciones de cuerpos. Mas cuando tenemos que tratar con la luz y la electromagnética, existe una gran diferencia a este respecto. Si lo que se llama *la* velocidad de la luz es su velocidad absoluta (o su velocidad respecto al «estancado éter», si se prefiere esta expresión), es de esperar que podamos medir la velocidad absoluta de un cuerpo como la Tierra averiguando la velocidad de la luz respecto a ella y observando en qué medida aquélla era mayor o menor que *la* velocidad de la luz. Lo velocidad absoluta de la Tierra en su órbita equivaldría probablemente a la diferencia entre la velocidad *absoluta* de la luz y la velocidad de una onda de luz *según se ha medido desde la Tierra en movimiento*, siempre que la Tierra y la onda de luz se movieran en la misma dirección cuando se efectuó la medición. Asimismo, diversos efectos electromagnéticos observables dependen de las velocidades de los cuerpos cargados en movimiento. Si fuera la velocidad absoluta la que revelara estos defectos podríamos entonces descubrir qué parte de la velocidad relativa observada de un cuerpo cargado en movi-

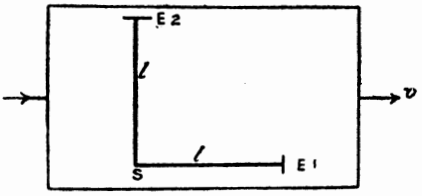
miento se debe a su propia velocidad absoluta y qué parte se debe a la velocidad absoluta de nuestros ejes de referencia, ya que solamente la primera sería responsable de los efectos electromagnéticos que medimos.

Ahora bien, constituye un hecho, y un hecho de suma importancia, como podremos ver detalladamente a renglón seguido, que todos los intentos de averiguar las velocidades absolutas de los cuerpos por este medio han fracasado, pese a que los experimentos efectuados han sido lo suficientemente exactos para hallar los efectos que se buscaban, en el caso de que éstos se hubieran producido en realidad. Ahora podemos ver qué cantidad de verdad comporta la opinión en boga, según la cual los nuevos hechos sobre la luz y la electromagnética han proporcionado sólidos argumentos suplementarios a favor de la Teoría Relativa sobre el Movimiento y en contra de la Teoría Absoluta sobre el mismo. *Es* cierto que la luz y la electromagnética parecen ofrecer, por primera vez, un medio para averiguar y medir las *velocidades rectilíneas* absolutas; mas cuando se efetuaron los experimentos los resultados obtenidos fueron totalmente negativos. Los resultados negativos de dichos experimentos son tan paradójicos en la Teoría Relativa tradicional como en la Teoría Absoluta tradicional. Por tanto, no pueden ser considerados como argumentos a favor de la primera y en contra de la segunda. Es evidente que ninguna de estas dos teorías, tal y como están formuladas, es apta para tratar con estos hechos. Naturalmente, si hallásemos que la Teoría Relativa puede modificarse a fin de que cuadre con los hechos de la luz y la electromagnética, y que la Teoría Absoluta no puede modificarse, podríamos afirmar que, *en su esencia*, estos hechos proporcionan un argumento concluyente contra la Teoría Absoluta. Mas, por el momento, debemos mantener la opinión de que la consecuencia *inmediata* de tales hechos estriba sencillamente en mostrar la necesidad de modificar ambas teorías. Y es precisamente esta modificación lo que examinaremos a continuación.

Me limitaré a la cuestión de la velocidad de la luz, dejando a un lado los experimentos puramente electromagnéticos. El tema de la velocidad de la luz puede entenderlo cualquier persona que realice un pequeño esfuerzo y conozca la primera obra de Euclides, siempre que tenga conocimientos de álgebra hasta las ecuaciones de primer grado; en tanto que los experimentos electromagnéticos no podrán entenderse sin un conocimiento bastante amplio de fisicomatemáticas. Al limitarme al simple caso de la luz no nos apartamos del aspecto general, ya que la luz es, en realidad, un fenómeno electromagnético. Todo lo que el lector debe recordar en este caso es que la paradójica conclusión que vamos a explicar sobre la velocidad de la luz no constituye un fenómeno aislado, sino que resulta exactamente igual que todo experimento electromagnético realizado con miras a averiguar la velocidad absoluta de la Tierra o de otros cuerpos.

El Experimento Michelson-Morley

Expondré éste en términos de la Teoría Absoluta, pues debido a nuestras tradiciones científicas resulta así más fácil de comprender. Pero esto no quiere decir, como mostraré al final, que el argumento implique la justeza de la Teoría Absoluta, o que resultaría contradictorio utilizar la conclusión como premisa de un argumento contra dicha teoría. Supongamos que tenemos una plataforma que se mueve a través del «Eter estancado» (que, como hemos visto, es prácticamente lo mismo que Espacio Absoluto) en una dirección determinada y a una velocidad constante v. Supongamos que sobre esta plataforma hay un observador, una fuente de luz y dos espejos planos. Tracemos sobre la plataforma una línea recta que atraviese la fuente de luz y paralela a la dirección en que se mueve la plataforma. Tracemos otra línea recta sobre la plataforma, atravesando la fuente de luz y formando ángulos rectos con la primera línea que trazamos. Midamos una distancia igual desde la fuente de luz a lo largo de las dos líneas. En los puntos así establecidos situemos los dos espejos, cada uno frente a su línea respectiva. El diagrama muestra la ordenación.



En un momento determinado hagamos que la fuente de luz F produzca un destello de luz, yendo parte de ésta al espejo E_1 y otra parte al espejo E_2. Consideremos, en primer lugar, la parte que va al espejo E_1. Esta deberá realizar un recorrido más largo a través del éter que la distancia l marcada entre F y E_1, puesto que E_1 habrá recorrido cierta distancia a través del éter mientras la luz se mueve hacia él, y, por tanto, la luz deberá alcanzarlo. Hagamos ahora que la luz se refleje hacia atrás, a lo largo del camino recorrido, hasta su fuente. En este caso, tendrá que hacer a través del éter un recorrido menor que la distancia marcada, puesto que la fuente se mueve hacia ella. Supongamos que la luz salió de F en el momento O, que alcanzó E_1 a las t_1, reflejándose instantáneamente, para volver a F a las t_2. Supongamos que c es la velocidad absoluta de la luz, es decir, su velocidad a través del «éter estancado». Por tanto, está claro que

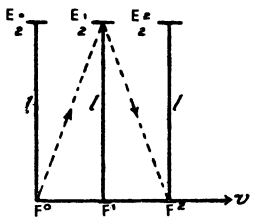
$$l + vt_1 = ct_1$$

y que

$$l - v(t_2 - t_1) = c(t_2 - t_1)$$

de lo que se desprende que $t_2 = lc/(c^2 - v^2)$. Este es, pues, el total de tiempo que transcurre entre la emisión de esta parte de la luz y su regreso a la fuente de luz, después de su doble recorrido.

Examinemos ahora la luz que va al otro espejo E_2, reflejándose en él para volver a la fuente de luz. Esta luz no tiene que hacer un recorrido en la dirección FE_2 como está marcado en la plataforma, pues en tal caso nunca llegaría a E_2. E_2 se habría movido hacia la derecha en el tiempo que dicha luz llegara adonde estaba E_2 cuando aquélla fue emitida. Por consiguiente, tenemos que considerar la luz que llega al espejo en un punto del éter equidistante entre el punto donde *estaba* la fuente cuando la luz fue emitida por ésta y el punto donde *estará* la fuente cuando la luz vuelva a ella. El diagrama muestra esto claramente.



El verdadero recorrido de la luz en el éter es la línea $F^0E^1{}_2\,F^2$. Si T_2 es cuando la luz vuelve a F, de ellos se desprende que

$$c^2\frac{T_2{}^2}{4} = l^2 + v^2\frac{T_2{}^2}{4}$$

de donde

$$T_2 = \frac{2l}{\sqrt{c^2 - v^2}}$$

Por consiguiente, las dos partes del rayo de luz original no vuelven a su fuente en el mismo momento; o, expresándolo de manera equivalente aunque distinta: la luz que vuelve de los dos espejos a su fuente en el mismo momento deberá haber sido emitida de ésta en diferentes momentos. Ahora bien, en estas condiciones debería producirse un cambio en la posición de las franjas de interferencia que surgen siempre cuando los dos rayos de luz, emitidos por la misma fuente, han hecho un recorrido diferente y vuelven a encontrarse. Partiendo del cambio de posición de dichas franjas sería posible encontrar la diferencia entre t_2 y T_2. Sobre esta base podríamos calcular v, velocidad absoluta de la plataforma, en términos de c, velocidad absoluta de la luz, utilizando las dos fórmulas anteriormente demostradas.

Un experimento de este tipo fue realizado con extremada meticulosidad por Michelson y Morley. Su plataforma en movimiento fue la Tierra, y la velocidad v fue la velocidad tangencial de la Tierra en su movimiento anual alrededor del Sol. El aparato que utilizaron era lo suficientemente preciso como para descubrir cambios mucho más leves de los que se esperaban en la posición de las franjas de interferencia. Sin embargo, no se registró ni el más mínimo cambio de posición. Posteriormente se han efectuado innumerables experimentos para hallar los efectos electromagnéticos originados por el movimiento de la Tierra a través del éter; en todos los casos el resultado ha sido *nulo*. Este hecho negativo de que jamás haya sido descubierto efecto alguno originado por el movimiento rectilíneo regular de un cuerpo a través del éter, pese a haber sido profetizado, y pese a que el aparato utilizado era lo suficientemente preciso como para descu-

brirlo y medirlo en caso de que estuviera presente, constituye la base de la primitiva Teoría de la Relatividad.

Antes de seguir más adelante considero oportuno señalar al lector la naturaleza extremadamente paradójica de este hecho, y subrayar que perturba por igual a la tradicional Teoría Relativa del Movimiento como a la admitida Teoría Absoluta. Si viajo en el tren local y un tren rápido me adelanta en la misma dirección en la vía troncal, espero ver, y en realidad veo, que el rápido se mueve más despacio respecto a mí que si yo estuviera en el andén de una estación. Naturalmente, el rápido tarda más en pasarme si yo viajo en el tren local que si me encuentro en el andén de una estación. Ahora tenderíamos a pensar que esto ocurre con todas las clases de movimientos, lo cual constituye un punto a favor tanto de la Teoría tradicional Absoluta como Relativa. Sin embargo, el resultado negativo de los experimentos Michelson-Morley y electromagnéticos podría resumirse de la manera siguiente: La velocidad de la luz respecto a los diversos cuerpos es siempre la misma, incluso si estos cuerpos se mueven a distintas velocidades en la misma dirección que la luz o en dirección opuesta a ella. En el experimento Michelson-Morley la Tierra en su órbita corresponde a un lento tren local, y la luz que va desde F a E_1 corresponde a un tren muy rápido que se mueve en la misma dirección sobre una línea paralela. El resultado es como si un tren rápido pareciera que va a la misma velocidad tanto para los observadores que viajan en el tren local como para los que se encuentran en el andén de la estación. Esta paradoja puede exponerse tan claramente en términos de la Teoría Absoluta como en términos de la Teoría Relativa. En términos de la primera podemos decir que, pese a que la Tierra se mueve a través del éter a una velocidad absoluta en la misma dirección que la luz, esto no reduce la velocidad de la luz respecto a la Tierra; todo sigue su curso como si la Tierra permaneciera completamente inmóvil en el éter. En términos de la Teoría Relativa podemos decir que las velocidades relativas de una onda de luz respecto a varios cuerpos *que se mueven relativamente entre sí* en la misma dirección que la luz *son, sin embargo, todas ellas iguales.*

Naturalmente, lo primero que debemos hacer es ver si se puede dar una explicación *física* de esta paradoja, sin alterar el concepto tradicional de Espacio y Tiempo que son comunes a las antiguas Teorías Absoluta y Relativa. ¿En qué suposiciones físicas se basó el argumento que condujo a las fórmulas del experimento Michelson-Morley? En dicho caso se supuso: *a)* Que el éter no es arrastrado por la plataforma en movimiento, como le ocurriría al agua al introducirse un palo en ella; *b)* Que la velocidad absoluta de la luz en el «éter estancado» es la misma en todas las direcciones; *c)* Que la reflexión en los espejos se produce casi instantáneamente; y *d)* El hecho de que una fuente de luz esté ella misma en movimiento a través del éter no altera la velocidad de la luz emitida. ¿Tiene objeto alguno explicar el resultado negativo del experimento Michelson-Morley, si para ello debemos rechazar o modificar cualquiera de estas suposiciones físicas? Por lo que se refiere a la suposición *a)*, cualquier modi-

ficación significaría incurrir en conflicto inmediato con otra serie de hechos experimentales sólidamente establecidos, a saber: La aberración de la luz emitida por las lejanas estrellas, debida al movimiento anual de la Tierra en su órbita. En otro capítulo tendremos ocasión de referirnos de nuevo a este fenómeno. Aquí nos limitaremos a señalar que la cantidad de aberración variará en la medida que la Tierra arrastre consigo al éter. La aberración que de hecho ha sido observada corresponde a la hipótesis de que el éter no es arrastrado en absoluto por la Tierra, que es lo que supusimos en nuestro argumento.

La suposición *b)* parece ser la única razonable que pueda hacerse sobre esta cuestión, aunque tampoco nos ayudaría para rebatirla, ya que en diferentes períodos del año la Tierra se mueve en su órbita en diferentes direcciones. Por consiguiente, la suposición de que la velocidad de la luz en el éter varía según las diferentes direcciones absolutas, aun en el caso de que fuera inteligible, únicamente podría explicar el resultado negativo del experimento Michelson-Morley en una época del año; en las demás épocas la discrepancia entre predicción y observación resultaría mucho más profunda.

La suposición *c)* está necesariamente incluida. Todo lo que necesitamos suponer es que cualquiera que sea el tiempo que dure la reflexión éste será el mismo en ambos espejos. Sería completamente arbitrario suponer que la reflexión en E_2 tarda siempre una cantidad de tiempo diferente a la que tarda en E_1, y que esta diferencia es siempre exacta, de forma que se pueda neutralizar la diferencia entre el momento de llegada de los dos rayos de luz a la fuente de emisión.

d) Según la teoría ondular de la luz no existe razón alguna para que la velocidad de la fuente, en el momento de emitir la luz, influya en la velocidad a que la perturbación emitida efectúa su recorrido a través del éter. Si partiéramos de la teoría corpuscular de la luz, la cuestión sería distinta, ya que un átomo emitido de una fuente en movimiento tendría probablemente una velocidad integrada por la velocidad de la propia fuente y la producida por el impulso de emisión. Pero la evidencia acumulada en favor de la teoría ondular y en contra de la teoría corpuscular es tan fuerte que resulta inútil tratar de explicar el resultado negativo del experimento mediante una hipótesis que sólo es plausible en el segundo caso.

Interpretación del resultado Michelson-Morley en términos de la Teoría Absoluta

Es evidente que ninguna modificación corriente de nuestras suposiciones físicas podrá explicar el resultado negativo del experimento Michelson-Morley sin entrar en colisión con hechos firmemente establecidos. Por consiguiente, nos vemos obligados a considerar las suposiciones que fueron tácitamente expuestas al medir las distancias e intervalos de tiempo. Esto nos lleva, por lo que se refiere al Espacio, a la *Contracción Lorentz-Fitzgerald* y, por lo que se refiere al Tiempo, a la noción de *Tiempo Local.*

En mi análisis seguiré limitándome a la utilización de la terminología correspondiente a la Teoría Absoluta, y a continuación veremos que deben hacerse suposiciones, por lo que respecta a nuestra medición de distancia e intervalos de tiempo, a fin de que los resultados cuadren con dicha teoría. Debemos recordar que en nuestra plataforma marcamos dos líneas en ángulo recto, cada una de las cuales tenía la longitud l. Esto significa que nuestra vara de medir tuvimos que tenderla exactamente l veces (en caso de que tuviera longitud unidad) antes de hacer la correspondiente marca en cada línea. Ahora bien, partiendo de la suposición de que identidad de *medida* significa identidad de *distancia física*, observamos que el tiempo que tardó cada uno de los rayos de luz en volver a su fuente de emisión fue t_2 para el que hizo el recorrido paralelamente a la dirección de movimiento de la plataforma, y T_2 para el otro. Las distancias físicas recorridas por ambos, según esta suposición, serán, naturalmente, ct_2 y cT_2, respectivamente. La primera de éstas es $\frac{2l}{1-\frac{v^2}{c^2}}$ y la segunda $\sqrt{\frac{2l}{1-\frac{v^2}{c^2}}}$.

Así vemos que, en realidad, ambos vuelven al mismo tiempo, en lugar de los dos tiempos diferentes: t_2 y T_2. Por tanto, es necesario suponer que, en realidad, ambos recorrieron a través del éter la misma distancia física. Esto podemos explicarlo únicamente partiendo de la suposición de que, aunque nuestras *mediciones* en las dos direcciones recíprocamente normales sobre la plataforma fueron iguales, las *distancias físicas* medidas no fueron iguales. Esto equivale a suponer que nuestra vara de medir no mantiene la misma longitud física cuando la mudamos de posición sobre la plataforma en movimiento. Si suponemos que la distancia física en ángulo recto a la dirección del movimiento es realmente l, mientras que la dirección del movimiento es únicamente $l\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$, entonces podremos explicar el resultado negativo del experimento. Pues, en tal caso, los dos rayos habrán atravesado la misma distancia física a través del éter, a saber, $\sqrt{\frac{2l}{1-\frac{v^2}{c^2}}}$; y, como hacen el recorrido a la misma velocidad c, volverán a la fuente de emisión exactamente al mismo tiempo. Lo que debemos suponer, pues, es que una vara de medir, que tiene longitud física unidad cuando se sitúa sobre la plataforma perpendicularmente al eje de movimiento de la misma a través del éter, se reduce a una longitud física $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ cuando se coloca sobre la plataforma en la dirección en que ésta se mueve. Esto es lo que se llama *Contracción Lorentz-Fitzgerald*. Naturalmente, este fenómeno no concierne solamente a una vara determinada, sino a la propia plataforma y a todo lo que sobre

ella se encuentre. El resultado es que dicha contracción no puede descubrirse utilizando otra vara de medir, puesto que ésta se contraería exactamente igual cuando la colocásemos paralela a la primera.

Ahora pasemos a examinar la cuestión de Tiempo Local. Hemos supuesto que la velocidad de la luz en el éter estancado equivale a c unidades de longitud por segundo. Después, partiendo de la Contracción Lorentz-Fitzgerald, hemos observado que la distancia recorrida en el éter por ambos rayos de luz desde la fuente que la emite hasta el espejo, y de nuevo a la fuente, equivale a $\frac{2l}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ unidades de longitud. Por tanto, si colocamos en la fuente un reloj que marque cero al iniciarse la emisión de luz, deberá marcar $\frac{2l}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \div c$ segundos cuando el rayo vuelva a la fuente, siempre que el reloj esté dispuesto de tal modo que registre exactamente segundos de intervalo de tiempo físico. La distancia recorrida por la luz *relativamente a la plataforma* será de $2l$ unidades de longitud. En consecuencia, la velocidad medida de la luz relativamente a la plataforma será $2l \div \frac{2l}{c\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ o $c\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ unidades de longitud por segundo, suponiendo que la velocidad del reloj situado en la fuente sea tal que un segundo registrado por él equivalga realmente a un intervalo de tiempo físico de un segundo. La velocidad relativa de la luz *variaría*, por tanto, según la velocidad de la plataforma. Mas esto es precisamente lo que no encontramos, aunque era de suponer que así fuera. En realidad, encontramos que la velocidad media de la luz *no* depende de la velocidad de la fuente, del observador o de los instrumentos que éste tenga. Así, pues, es evidente que se necesita una explicación suplementaria, además de la Contracción Lorentz-Fitzgerald, para poder aclarar los hechos. Está claro que la suposición que ahora viene al caso deberá estar relacionada con nuestros relojes, puesto que ya hemos utilizado nuestras varas de medir. Supongamos que al haber transcurrido un segundo de tiempo físico el reloj colocado en la fuente marca $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ segundos, o sea, que retrasa algo. Entonces, cuando en realidad hayan transcurrido $\frac{2l}{c\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ segundos, el reloj marcará solamente $\frac{2l}{c\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \times \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$, es decir, $2l/c$ segundos. El cálculo de la distancia recorrida por la luz relativamente a la plataforma corresponde, como antes, a $2l$. Por tanto, la velocidad relativa de la luz que hemos me-

dido será ahora c, siendo así independiente del movimiento de la plataforma. Por consiguiente, debemos aceptar como un hecho que el reloj situado en la fuente sobre la plataforma en movimiento va con más retraso de lo que iría si la plataforma estuviera quieta en razón de $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ a 1. Esta suposición es, naturalmente, adicional a la Contracción Lorentz-Fitzgerald y no la altera en absoluto.

Mas aún no hemos superado todas las dificultades con respecto a la medición del tiempo. Hasta ahora nos hemos referido únicamente al caso de un solo reloj en un solo lugar de la plataforma, ya que la luz volvió finalmente al lugar desde donde había sido emitida, y el intervalo de tiempo fue medido totalmente por el reloj situado en la propia fuente. Este método corresponde a la forma en que se mide la velocidad de la luz mediante experimentos puramente terrestres, tales como los experimentos Fizeau y Foucault. No obstante, es cierto que a menudo deseamos comparar el tiempo en que se verifica un acontecimiento en un lugar determinado con el tiempo en que se verifica otro acontecimiento en otro lugar. A fin de poder efectuar esto debemos tener alguna razón para confiar en que los relojes situados en ambos lugares marchan no sólo a la misma velocidad, sino que en el momento de iniciar la medición también coincidan sus horas; aunque el mero hecho de que coincidan en estos dos aspectos cuando están juntos no quiere decir que continuarán coincidiendo cuando uno de ellos se sitúa a una distancia determinada del otro. Por ejemplo, en el caso de los relojes corrientes el traqueteo del viaje que tenga que hacer uno de ellos, la posible diferencia de temperatura en la región donde haya sido trasladado, el diferente grado de fuerza de gravitación que existe en los distintos lugares de la Tierra, y muchos otros factores, hacen insegura la opinión de que, coincidiendo los dos relojes cuando estaban juntos, deberán seguir coincidiendo ahora cuando han sido separados.

Por consiguiente, es absolutamente necesario tener algún criterio sobre la igualdad de velocidad e igualdad de hora que pueda aplicarse a dos relojes que se encuentren a gran distancia el uno del otro mientras permanecen *in situ*. El único método aplicable es la transmisión de señales del uno al otro. Supongamos que se transmite una señal del reloj A cuando éste marca t_A, señal que es recibida por el reloj B cuando éste marca t_B. Enviamos otra señal cuando el pirmer reloj marca t_A, que es recibida por el segundo reloj cuando éste marca t'_B. Si vemos que $t'_A - t_A = t'_B - t_B$, podremos afirmar que los dos relojes marchan a la misma velocidad. Además, si una señal sale de A a t_A, llega a B cuando allí el reloj marca t_B, siendo inmediatamente retransmitida a A, llegando a este lugar cuando el reloj local marca t, podremos llegar a la conclusión de que la hora de ambos relojes coincide, siempre que $t_B = \frac{1}{2}(t_A \times t'_A)$. Este sería, naturalmente, el criterio que acertadamente podría adoptarse partiendo de la Teoría Absoluta, siempre que la plataforma permaneciera inmóvil en el éter. Pero, como hemos visto, así cuando la plataforma está quieta como cuando se

mueve en el éter, no se produce ningún fenómeno observable mediante el cual los observadores que se encuentran sobre ella pudan averiguar el movimiento o inmovilidad absoluta de la misma. De ahí que, en todo caso, se vean obligados a utilizar ese criterio *faute de mieux*. Además, con este criterio, y sólo con él, los observadores que se hallan sobre la plataforma podrán averiguar la misma velocidad de la luz relativamente a la plataforma, tanto si efectúan observaciones utilizando un solo reloj en un solo lugar como utilizando dos relojes en dos lugares distintos. Podemos demostrar lo anteriormente dicho de la manera siguiente: Hemos visto que la velocidad de la luz, según ha sido determinada por las observaciones efectuadas con un solo reloj, tiene siempre el mismo valor c, independientemente de la velocidad a que se mueve la plataforma a través del éter. Coloquemos ahora el reloj B donde estaba el espejo E_1 en el experimento Michelson-Morley. Hagamos que un rayo de luz sea emitido por la fuente (donde se halla el reloj A) cuando el reloj marca O, llegando al reloj B cuando éste marca t_B, produciéndose inmediatamente su reflexión hacia atrás y llegando de nuevo a A cuando éste marca t . Así, pues, si ambos relojes han sido ajustados según nuestro criterio, $t_B = \frac{1}{2}(0 + t'_A) = \frac{1}{2}t_A$, ahora sabemos que la velocidad de la luz relativamente a la plataforma, según ha sido calculada exclusivamente mediante las observaciones efectuadas en A con el reloj situado en dicho lugar, equivale a c. Y la calculada distancia que esta luz ha recorrido relativamente a la plataforma es $2l$, es decir, la distancia medida sobre la plataforma hacia delante y hacia atrás entre A y B (o F y E_1 en el diagrama que ilustra el experimento Michelson-Morley). De ahí que $t'_A = 2l/c$, y que t_B, que equivale a $\frac{1}{2}t'_A$, sea l/c. De ahí que los observadores que se hallen en A y B, al comparar sus anotaciones, llegaran de nuevo a la conclusión de que la velocidad de la luz respecto a la plataforma es c; o sea, exactamente a la misma conclusión a la que han llegado los experimentadores que se han limitado a hacer observaciones en A con el reloj colocado en A. De tal modo, los convencionalismos que acabamos de establecer para «standardizar» los relojes separados no son sólo a los que prácticamente deben recurrir los observadores, incapacitados para averiguar el movimiento de su plataforma a través del éter, sino que son también los únicos convencionalismos que pueden conducir a la misma medida de la velocidad de la luz relativamente a la plataforma, cuando se adoptan dos métodos de medición distintos pero igualmente razonables. (Debe tenerse en cuenta que esta última cuestión comporta solamente un interés puramente teórico, ya que el único método práctico para medir la velocidad de la luz mediante experimentos terrestres es el de efectuar observaciones en un solo lugar.)

Ahora bien, estos convencionalismos, justos e inevitables, al parecer, conducen al resultado de que los relojes que se ajusten, de acuerdo con ellos, sobre una plataforma en movimiento en «realidad» no coinciden en sus horas. Esto quiere decir, en términos de la Teoría Absoluta, que la identidad de hora marcada por los relojes en distintos lugares no implica identidad de tiempo físico, si los relojes han sido

«standardizados» por estos convencionalismos y distribuidos sobre una plataforma que está en movimiento absoluto a través del éter. Demostraremos esto a renglón seguido. Precisamente acabamos de ver que, con estos convencionalismos, si un rayo de luz sale de A cuando el reloj ahí colocado marca O, llegará a B cuando *ahí* el reloj marque l/c. Si en los relojes no se produce ninguna avería, excepto el retraso sistemático que debimos suponer anteriormente, la indicación que dieran los relojes significaría un intervalo de tiempo físico de $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\frac{l}{c}$. Ahora bien, en realidad, la luz que salió de A y llegó hasta B ha recorrido: *a)* Una distancia $l\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ (teniendo en cuenta la Contracción Lorentz-Fitzgerald de la plataforma y la vara con que es medida), y *b)* Una distancia adicional para alcanzar a B, que, a su vez, se movía en el éter en la misma dirección a una velocidad c. Un sencillo cálculo exactamente del mismo tipo que el expuesto en la página 90 mostrará que el verdadero intervalo de tiempo que ha transcurrido desde que la luz salió de A hasta llegar a B es $\frac{l\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}{c-v}$. Además, hemos visto que, teniendo únicamente en cuenta el retraso sistemático de todos los relojes sobre la plataforma en movimineto, el intervalo de tiempo físico sería $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\frac{l}{c}$. Estas dos cantidades no son iguales, y la que acabamos de obtener efectuando un cálculo directo es la justa. De ahí que el reloj colocado en B no es que vaya algo retrasado en relación con el reloj colocado en A, sino que tampoco coincide con A en la hora; es decir, la identidad de hora que marcan ambos relojes no constituye identidad de tiempo físico. Cuando el reloj colocado en B marca l/c el verdadero intervalo de tiempo físico es $\frac{l\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}{c-v}$. Esto es igual a $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\left(\frac{l\left(1-\frac{v^2}{c^2}\right)}{c-v}\right)=\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\left(\frac{l}{c}+\frac{vl}{c^2}\right)$.

En general, si el reloj B marca t_B, y la distancia medida hasta B, desde la fuente en la dirección en que se mueve la plataforma es denotado por x_B, el intervalo de tiempo físico correspondiente a t_B equivale a la siguiente ecuación:

$$t=\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}\left(t_B+\frac{vx_B}{v^2}\right) \qquad (1)$$

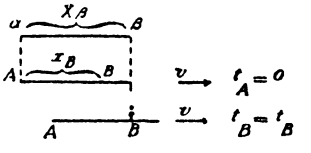
En consecuencia, si se esparcieran relojes sobre una plataforma que se mueve en línea recta a través del éter a una velocidad uniforme y si estos relojes estuvieran «standardizados» mediante señales de luces, y quisiéramos convertir lo que marca cualquiera de los relojes

al correspondiente intervalo de tiempo físico, deberíamos no sólo dividir lo que marca el reloj por $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$, sino que antes de hacer esta operación deberíamos añadir a lo que marca el reloj la cantidad $\frac{vx_B}{c^2}$, siendo x_B la distancia media desde el reloj «standard» al reloj dado, en la dirección en que se mueve la plataforma. No solamente todos los relojes van con retraso, en el sentido de que todos ellos tardan más de una hora de tiempo físico en dar una vuelta completa a la esfera, sino que a esto hay que añadir que las manecillas de los diversos relojes van retrasándose desde el comienzo en una proporción cada vez mayor a medida que se alejan del reloj «standard» en la dirección en que se mueve la plataforma. Lo que marcan los relojes, como, por ejemplo, t_B, se llaman *Tiempos Locales*, porque varían según el lugar que ocupan los relojes sobre la plataforma, incluso cuando el tiempo absoluto es el mismo.

Es corriente denotar, para mayor comodidad, la fracción $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ por k. Así podemos afirmar que la Contracción Lorentz-Fitzgerald significa que una longitud medida x en la dirección en que se mueve la plataforma constituye una longitud física de sólo x/k. Y la ecuación a la que anteriormente llegamos nos confirma que el tiempo absoluto está relacionado con el tiempo local de un reloj sobre una plataforma en movimiento por la fórmula

$$t = k(t_B + vx_B/c^2), \tag{1}$$

suponiendo, claro está, que los relojes hayan sido dispuestos mediante las señales según los convencionalismos establecidos en la página 96. Necesitamos una ecuación más antes de poder seguir adelante. Supongamos que cuando el reloj «standard» sobre la plataforma marcaba O se encontraba frente a un punto a en el espacio absoluto. Cuando el reloj B marque t_B hagamos que se encuentre frente a un punto β de Espacio Absoluto. La coordenada de β, en la dirección en que se mueve la plataforma y relativa a la plataforma, será, claro está, simplemente x_B, es decir, la distancia medida a lo largo de la plataforma en esta dirección desde el reloj «standard» hasta el reloj B. ¿Cómo puede relacionarse esto a x_B, distancia física en el Espacio Absoluto entre el punto β y el punto a, frente al cual se encontraba al principio el reloj «standard»? El diagrama que figura al lado ilustra el problema.



Debemos, pues, tener en cuenta dos factores: 1) Debido a la contracción Lorentz-Fitzgerald, la longitud medida x_B representa sólo una longitud física x_B/k; y 2) La plataforma se ha movido a través del éter durante el intervalo de tiempo físico que corresponde al tiempo local t_B. Si este intervalo de tiempo fuera t la plataforma se habría

movido en una distancia física vt. Mas, según la ecuación (1), $t = k\left(t_B + \frac{vx_B}{c^2}\right)$. De ahí que

$$\begin{aligned} X\beta &= vt + \frac{x_B}{k} \\ &= vk\left(t_B + \frac{vx_B}{c^2}\right) + \frac{x_B}{k} \\ &= k\left\{x_B\left(\frac{1}{k^2} + \frac{v^2}{c^2}\right) + vt_B\right\} \\ &= k(x_B + vt_B). \end{aligned} \tag{2}$$

Esta es la otra ecuación fundamental que necesitamos, ya que conexa la distancia *física* entre dos puntos en el *Espacio Absoluto* con la *magnitud medida* de sus coordenadas *relativamente a una plataforma en movimiento*. El factor k aparece mediante la Contracción y el Tiempo Local, y el factor v mediante los preceptos corrientes del movimiento relativo.

Ahora podemos resumir los resultados del experimento Michelson-Morley en términos de la Teoría Absoluta. Para poder explicar los resultados negativos de dicho experimento, al mismo tiempo que mantenemos la Teoría Absoluta, hemos tenido que partir de tres suposiciones. Dos de éstas implican acción entre el Espacio y la Materia; la tercera no es más que el reconocimiento explícito de un convencionalismo. 1) Tuvimos que suponer que el Movimiento Absoluto de un cuerpo produce cierta contracción en la dirección del movimiento. 2) Tuvimos que suponer que todos los relojes situados sobre la plataforma que se mueve a través del éter marchan, por consiguiente, más despacio. Estas son ambas afirmaciones precisas por lo que se refiere a la acción del Espacio Absoluto (o éter) sobre la materia. 3) Pudimos observar que los convencionalismos que utilizamos para comprobar la identidad de horas marcadas por los relojes esparcidos no tienen razón de ser si los relojes están en movimiento a través del éter. Esto no constituye una nueva suposición física, sino que está en conformidad con el sentido común. Lo que sí es nuevo es que debemos seguir utilizando tal convencionalismo, puesto que nunca sabemos ciertamente si estamos o no en movimiento a través del éter. Así, pues, podemos ver que los resultados del experimento Michelson-Morley *pueden* tratarse en términos de la Teoría Absoluta, siempre que podamos hacer suposiciones físicas adecuadas en cuanto al efecto del movimiento absoluto sobre los relojes y varas de medir. Por tanto, no puede decirse que los nuevos hechos resuelven definitivamente el antiguo problema entre Absolutos y Relativos en favor de estos últimos. No obstante, estimo que la consideración de los nuevos hechos refuerza la posición de los Relativos, haciendo que la Teoría Absoluta aparezca cada vez más arbitraria e imposible. Antes de seguir adelante expondré por qué considero que esto es así. 1) A fin de explicar el hecho de que el movimiento a través del éter estancado no produce los efectos observables que uno podría justamente esperar que pro-

dujera, el Absoluto tiene que suponer que *sí* produce dos efectos diferentes sobre la materia, y que la combinación de ambos efectos neutraliza de manera precisa los fenómenos con los que se contaba. Si un estudiante al ser recriminado por no haber presentado su composición respondiera que la ha escrito pero que se le cayó el tintero encima del papel, quizá dudaríamos de tal hecho y le pediríamos que nos enseñara el papel. Si a renglón seguido el estudiante dijera que, cosa extraña, una vez que la tinta se había secado desapareció todo lo que había escrito en el papel, incluso la Caridad, «que todo lo cree», tendría que hacerse violencia a sí misma. Sin embargo, ésta es la posición en que se encuentra la Teoría Absoluta al tratar el experimento Michelson-Morley. 2) Los alegados efectos físicos del movimiento a través del éter son de una clase de lo más extraordinaria. Por ejemplo, la Contracción Lorentz-Fitzgerald, si se considera como un hecho físico, afecta a todas las clases de materia por igual: una vara de acero se contrae tanto como un pedazo de caucho. Al menos, podría esperarse que tal contracción fuera acompañada de ciertas deformaciones, las cuales aparecieran en la manifestación de fenómenos, como, por ejemplo, la doble refracción, en otras materias isotrópicas, transparentes, como el cristal. Estos efectos han sido buscados detenidamente *, mas nunca se han hallado. Las mismas observaciones son aplicables al retraso sistemático de los relojes. En realidad, podemos afirmar con plena seguridad que las suposiciones en las que debe basarse la Teoría Absoluta para que ésta cuadre con los resultados del experimento Michelson-Morley son tan «inverosímiles» que constituyen un factor más para ponerla en tela de juicio. Tratemos, pues, de interpretar el resultado del experimento Michelson-Morley en términos de la Teoría Relativa.

Interpretación del resultado del Experimento Michelson-Morley en términos de la Teoría Relativa

Las dos ecuaciones transformables a las que llegamos en el apartado anterior contienen factores inobservables que ahora debemos tratar de eliminar. A su izquierda dichas fórmulas contienen intervalos de tiempo absoluto y distancias absolutas. A su derecha contienen v, la supuesta velocidad absoluta de la plataforma a través del éter que, según se admite, no podemos averiguar. Esto aparece tanto explícita como implícitamente en el término k. Lo que deseamos obtener son ecuaciones que no contengan sino lo que en realidad marcan los relojes, velocidades relativas y distancias medidas; y esto no resulta difícil. En primer lugar, debemos tomar dos plataformas, p_1 y p_2. Hablemos aún en términos de la Teoría Absoluta y supongamos que p_1 tiene una velocidad absoluta de v_1, y p_2 una velocidad absoluta de v_2, en la misma dirección. Consideremos, como antes, que esta dirección común es el eje x. Lo primero que debemos averiguar es la calculada velo-

(*) Particularmente por Rayleigh y Brace.

cidad relativa v_{21} que tiene la plataforma p_2 respecto a los observadores que se encuentran sobre p_1, quienes calculan dicha velocidad con sus propios relojes y varas de medir. Supongamos que cierto punto sobre la plataforma p_2 se encuentra frente al reloj «standard» de p_1 cuando éste marca O. Supongamos que el mismo punto sobre p_2 se encuentra frente a B, en p_1, cuando ahí el reloj marca t_B. La velocidad de p_2 relativa a p_1, según el cálculo efectuado por los observadores que se encuentran en p_1, será, naturalmente, x_B/t_B, es decir, v_{21}. Así, de las dos ecuaciones (1) y (2) podemos fácilmente deducir las ecuaciones

$$t_B = k(t - v_1 X\beta/c^2) \tag{1}$$

y

$$x_B = k(X\beta - v_1 t). \tag{2}$$

Por lo cual, $$v_{21} = \frac{X\beta - v_1 t}{t - \frac{v_1 X\beta}{c^2}}$$

Luego $$\frac{X\beta}{t} = v^2, \text{ velocidad absoluta de } p_2.$$

.·., dividiéndolo por t, obtenemos

$$v_{21} = \frac{v^2 - v_1}{1 - \frac{v_1 v_2}{c^2}} \tag{3}$$

Esta fórmula es intrínsecamente tan interesante como esencial para la siguiente etapa de nuestro trabajo. Pongamos por caso que

$$k_1 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}} \quad k_2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}}} \quad \text{y} \quad k_{21} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_{21}^2}{c^2}}},$$

$$\text{Tenemos } t = k_1\left(t_1 + \frac{v_1 x_1}{c^2}\right) = k_2\left(t_2 + \frac{v_2 x_2}{c^2}\right)$$

$$\text{y } x = k_1(x_1 + v_1 t_1) = k_2(x_2 + v_2 t_2),$$

siendo x y t_1 la coordenada medida y lo que marca el reloj en p_1, correspondientes a la distancia física x y al intervalo de tiempo absoluto t, respectivamente, mientras que x_2 y t_2 son la coordenada medida y lo que marca el reloj correspondiente en p_2 a las mismas cantidades físicas. De estas ecuaciones se desprende que

$$t_1 = k_1 k_2\left(1 - \frac{v_1 v_2}{c^2}\right)\left(t_2 + \frac{x_2}{c^2}\frac{v_2 - v_1}{1 - \frac{v_1 v_2}{c^2}}\right)$$

$$= k_1 k_2\left(1 - \frac{v_1 v_2}{c^2}\right)\left(t_2 + \frac{v_{21} x_2}{c^2}\right) \qquad \text{según} \tag{3}$$

Ahora resulta fácil mostrar que $k_{21} = k_1 k_2\left(1 - \frac{v_1 v_2}{c^2}\right)$; de donde

$$t_1 = k_{21}\left(t_2 + \frac{v_{21} x_2}{c^2}\right). \tag{4}$$

De la misma forma podemos demostrar que

$$x_1 = k_{21}(x_2 + v_{21}t_2). \tag{5}$$

Estas ecuaciones son totalmente simétricas por lo que respecta a t_1 y t_2, x_1 y x_2, ya que de éstos resulta que

$$t_2 = k_{21}\left(t_1 - \frac{v_{21}x_1}{c^2}\right)$$

$$\text{y} \quad x_2 = k_{21}(x_1 - v_{21}t_1).$$

Pero $k_{21} = k_{12}$ y $v_{21} = v_{12}$, por lo que

$$t_2 = k_{12}\left(t_1 + \frac{v_{12}x_1}{c^2}\right) \tag{4'}$$

$$\text{y} \quad x_2 = k_{12}(x_1 + v_{12}t_1) \tag{5'}$$

las cuales son exactamente de la misma forma que (4) y (5), respectivamente.

De este modo hemos eliminado casi por completo los últimos indicios de todo lo «absoluto» e inobservable. Nuestras ecuaciones contienen ahora únicamente lo que marcan los relojes, distancias medidas, velocidades relativas de una plataforma a otra y la velocidad de la luz respecto a las dos plataformas, velocidad que el experimento Michelson-Morley muestra tener el mismo valor para todas las plataformas, incluso si están en movimiento relativamente entre sí, siempre que dicho movimiento sea rectilíneo y uniforme. Las ecuaciones nos muestran ahora qué coordenadas y tiempos atribuirán los observadores que se encuentran sobre una plataforma a un determinado acontecimiento, siempre que sepamos qué coordenadas y tiempos atribuyen al mismo acontecimiento los observadores que se hallan sobre cualquier otra plataforma, y conozcamos también la velocidad medida de una plataforma con respecto a la otra. El único indicio de «absoluto» que queda es la condición de que las plataformas deben moverse en el éter en líneas rectas y a velocidades uniformes. Esta cuestión no la examinaremos hasta llegar al capítulo sexto, que trata de la Teoría General de la Relatividad.

Hasta entonces el lector quizá pueda hacer una pregunta puramente lógica, la cual deberá esclarecerse antes de seguir adelante. Puede decir: «Usted acaba de deducir ciertas ecuaciones transformables, partiendo de la suposición del movimiento absoluto a través del éter estancado; a este respecto, usted ha supuesto una verdadera contracción física que se produce en los cuerpos en movimiento y un verdadero retraso físico en los relojes en movimiento. Es cierto que, finalmente, usted ha deducido una serie de ecuaciones integradas en su totalidad por términos de distancias medidas, por lo que marcan los relojes y por las velocidades relativas que han sido medidas. Mas, incluso, éstos fueron deducidos partiendo de la suposición de dos plataformas que se mueven a dos velocidades absolutas diferentes a través del éter estancado. ¿No resultaría una burda contradicción si usted, finalmente, hiciera de estas ecuaciones la base de una neta Teoría

Relativa del Espacio, Tiempo y Movimiento? ¿No utilizaría usted a todas luces sus conclusiones para demostrar algo que contradice directamente las premisas de las que dedujo precisamente dichas conclusiones? ¿No es esto sencillamente contradictorio?».

Esta objeción, como mostraré a continuación, no es válida. Para algunas personas parecerá normal, y quizá piensen que la objeción ha supuesto una exhaustiva búsqueda de hechos, mas yo les puedo asegurar que la búsqueda no ha rebasado el recinto de la Universidad de Oxford; y el respeto por las dificultades ante las que se haya encontrado este erudito Centro me induce a dejar perfectamente claro el aspecto lógico de tal posición. Decir que p es la premisa de la que deducimos q significa algo más que decir que p implica q, aunque, naturalmente, la entraña. Significa, además, que nuestra creencia en p constituye nuestra *única* base para creer en q. Cuando p y q son relacionados de esta forma, dejamos de contar con una base para creer en q, desde el momento en que cesamos de creer en p. Mas p puede implicar q, aunque p sea falso y q verdadero. Y, a condición de contar con otras bases para creer en q, no puede haber la más mínima objeción lógica a nuestro primer procedimiento para llegar a conocer q como una implicación de p, para después utilizar nuestra creencia en q como argumento en contra de p. Un extranjero puede llegar a creer la verdadera proposición de que en 1921 el primer ministro de Gran Bretaña era un galés, porque creía erróneamente que el señor Asquith era primer ministro en aquella fecha y que el señor Asquith era galés. Quizá encuentre otra base para creer que el primer ministro era un galés; puede darse el caso de que lea en los periódicos que el primer ministro había pronunciado a la sazón un emotivo discurso en galés, dirigido a los anabaptistas calvinistas libres de Llanfairpwllgwyn... Comparando después las características nacionales de Gales con aquellas que llegara a conocer del señor Asquith, empezaría a tener una legítima duda acerca de su creencia original de que el señor Asquith era galés. Empero, no sería inconsecuente si siguiera creyendo que el primer ministro en 1921 era galés. *Hubiera* sido inconsecuente si *nunca* hubiera tenido otra razón para pensar que el primer ministro era galés, excepto la creencia de que el señor Asquith era galés y primer ministro; mas suponemos que esto constituía sólo la base *original* de la conclusión a que llegó, y que posteriormente halló *otras* razones que sostuvieron dicha conclusión.

Esta es, exactamente, la posición acerca de las ecuaciones transformables. No comienzan a ser directamente verificables hasta que se obtienen en las formas puramente relativas (4) y (5). Una vez que se encuentran en estas formas, no contienen sino lo que es observable y su evidencia es que ellas, y solamente ellas, cuadran con todos los hechos conocidos. En realidad, se desprenden de la Teoría Absoluta y de las suposiciones físicas sobre las contracciones y los relojes. Esto no es extraño, ya que dichas suposiciones se hicieron precisamente para que la Teoría Absoluta cuadrara con hechos tales como el resultado negativo del experimento Michelson-Morley. Mas una vez que se obtienen dichas ecuaciones, cualesquiera sean los medios empleados

para ello, la evidencia tanto en contra como en favor de las mismas es directa e inductiva. La Teoría Absoluta no es *la* premisa de ellas, por lo que no resulta contradictorio utilizarlas para exponer las dudas que puedan surgir sobre la Teoría Absoluta. Efectuamos esto por la sencilla razón de que la Teoría Absoluta conduce a dichas ecuaciones *únicamente* cuando es suplementada por ciertas suposiciones físicas que son intrínsecamente muy improbables. Si se sabe que q es verdad, y p sólo conduce a q cuando es suplementado por la muy improbable premisa p', la verdad de q refleja la improbabilidad de p' sobre p. Supongo que esto esclarecerá la cuestión puramente lógica. De aquí en adelante, las ecuaciones transformables en las formas relativas (4) y (5) serán aceptadas por sí mismas, sin tener en cuenta la forma particular en que resulta conveniente presentarlas a los lectores educados (como lo estamos la mayoría) en las tradiciones Absolutas.

En muchas de las exposiciones de la Teoría de la Relatividad existe, sin embargo, una verdadera incoherencia lógica. La Contracción Lorentz-Fitzgerald y el retraso de los relojes colocados sobre una plataforma en movimiento son, en primer lugar, introducidos como cambios físicos producto del movimiento absoluto. Más adelante se rechaza la Teoría Absoluta. Pero la Contracción Lorentz-Fitzgerald sigue reconociéndose como un hecho, lo mismo que el retraso de los relojes. Aquí surge una aparente contradicción que resulta muy confusa para el estudiante de esta materia. Está claro que si la Contracción y el retraso de los relojes deben seguir siendo admitidos deberán ser *reinterpretados*, y esto es, en realidad, lo que se trata de exponer, aunque no siempre con la suficiente claridad. Interpretémoslos, pues, en términos puramente relativos.

Tenemos dos plataformas, p_1 y p_2, de las cuales la segunda se mueve en línea recta a lo largo del eje-x de la primera, a una velocidad relativa uniforme equivalente a v_{21}. Una vara de medir está tendida sobre p_2 a lo largo del eje-x. Las personas que se encuentran sobre p_2 averiguan que su medida unidad cabe $l2$ veces. ¿Qué medida atribuyen a esta vara de medir las personas que se encuentran en p_1? Naturalmente, no pueden medirla *directamente* mientras siga sobre p_2, por lo que deberán adoptar el siguiente recurso. Supongamos que uno de los dos extremos de la vara se halla frente al punto B de p_1 cuando el reloj marca allí t_{1B}. Supongamos que el otro extremo se halla frente al punto C de p_1 cuando el reloj marca allí t_{1C}. Concedamos que $t_{1B} = t_{1C}$. Entonces, las personas que se encuentran sobre p_1 afirmarán que la distancia BC sobre su plataforma, según ellos mismos la han medido, equivale a la distancia de la vara situada en p_2. Es decir, la distancia entre los puntos de p_1 que se encontraba frente a los dos extremos de la vara en el mismo momento, según marcaban los relojes colocados sobre p_1. La longitud, según ha sido medida, será, por tanto, $x_{1C} - x_{1B}$. Ahora bien, según la ecuación (5)

$$x_{1C} = k_{21}(x_{2C} + v_{21}t_{2C})$$

$$\text{y} \quad x_{1B} = k_{21}(x_{2B} + v_{21}t_{2B})$$

$$\therefore \quad x_{1C} - x_{1B} = k_{21}\{(x_{2C} - x_{2B}) + v_{21}(t_{2C} - t_{2B})\}.$$

Según la ecuación (4),

$$t_{1B} = k_{21}\left(t_{2B} + \frac{v_{21}x_{2B}}{c^2}\right)$$

$$\text{y} \quad t_{1O} = k_{21}\left(t_2 + \frac{v_{21}x_{2O}}{c^2}\right).$$

Luego $t_{1B} = t_{1O}$, por hipótesis,

$$\therefore \quad t_{2B} - t_{2O} = -\frac{v_{21}}{c^2}(x_{2O} - x_{2B}).$$

De ahí que

$$x_{1O} - x_{1B} = k_{21}(x_{2O} - x_{2B})\left(1 - \frac{v_{21}^2}{c^2}\right)$$

$$= \frac{1}{k_{21}}(x_{2O} - x_{2B})$$

$$i.e. \quad l_1 = \frac{1}{k_{21}} l_2 = \sqrt{1 - \frac{v_{21}^2}{c^2}}\, l_2 \tag{6}$$

Así vemos que una vara de medir, cuya longitud sea l_2, según ha sido medida por observadores que permanecen inmóviles relativamente a ella, tiene una longitud menor que la medida por los observadores en relación a los cuales se mueve a una velocidad rectilínea uniforme. Si los dos grupos de observadores pueden comunicarse entre sí, aquellos que se encuentran sobre p_1 afirmarán que los cuerpos en movimiento se reducen en la dirección en que se mueven, y que dicha reducción es dada por la fórmula Lorentz-Fitzgerald. Supongamos ahora que la vara de medir fuera transferida de p_2 a p_1, y que los observadores sobre p_1 pudieran ahora medirla directamente, mientras que los observadores sobre p_2 tuvieran que hacerlo de la misma forma indirecta utilizada anteriormente por los observadores de p_1. Los observadores sobre p_1 encontrarían ahora que la vara tiene la longitud l_2, mientras los que se hallan sobre p_2 le atribuirían la longitud $\frac{l_2}{k_{12}}$, lo cual equivale a $\frac{l_2}{k_{21}}$, ya que $k_{12} = k_{21}$. Los observadores sobre p_2 se plantearían la cuestión como sigue: Dirían que la vara, la cual al principio no se movía, había adquirido ahora la velocidad v_{12} (que es igual a $-v_{21}$), y que esto hace que se contraiga en la proporción señalada por la fórmula Lorentz-Fitzgerald. Por tanto, ambos grupos de observadores coincidirían en que el movimiento produce la contracción, y ambos estarían también de acuerdo con la fórmula que vincula la contracción con la velocidad. Ambos obtienen la misma medida cuando la vara está quieta sobre su respectiva plataforma, pudiendo medirla directamente. Esta medida es l_2. Ambos obtienen la misma medida cuando la vara se mueve relativamente a sus respectivas plataformas, pudiendo, en este caso, medirla sólo indirectamente. Esta medida es $\frac{l_2}{k_{12}}$, o, lo que es igual, $\frac{l_2}{k_{21}}$. La contracción deja, pues, de ser un cambio *físico* originado por el movimiento absoluto a través

del éter estancado, para transformarse en un simple cambio en la *medida de longitud* del mismo cuerpo, tanto si está quieto relativamente a los observadores, en cuyo caso puede ser medido directamente, como si se mueve de manera uniforme respecto a los observadores, en cuyo caso sólo puede medirse indirectamente. Las mediciones efectuadas por los dos grupos de observadores coinciden totalmente entre sí, siempre que las condiciones en las que se han llevado a cabo sean exactamente iguales. Y no hay nada de extraño en el hecho de que las mediciones del mismo cuerpo efectuadas por los dos grupos distintos de observadores no concuerden cuando las condiciones en que lo hayan medido no sean exactamente iguales. Mas, incluso, esto no constituye un inconveniente, ya que las ecuaciones transformables nos indican cómo pasar de una medida a otra.

Ahora podemos abordar la interpretación de los hechos sobre los relojes en términos de la Teoría Relativa. Supongamos que el reloj situado en el punto B sobre p_2 marca al principio t_{2B} y más tarde T_{2B}. El intervalo de tiempo, según ha sido medido por los observadores que se encuentran sobre p_2 será, naturalmente, $T_{2B} - t_{2B}$. Supongamos ahora que el reloj que se halla frente a B en p_1 marca al principio t_{1B}, y más tarde T_{1B}. Entonces tendremos

$$T_{1B} = k_{21}\left(T_{2B} + \frac{v_{21}x_{2B}}{c^2}\right)$$

$$\text{y} \quad t_{1B} = k_{21}\left(t_{2B} + \frac{v_{21}x_{2B}}{c^2}\right)$$

$$\text{De donde} \quad T_{1B} - t_{1B} = k_{21}(T_{2B} - {}_{2B}) = \frac{I}{\sqrt{I - \frac{v_{21}{}^2}{c^2}}}\,(T_{2B} - t_{2B}) \qquad (7)$$

Por tanto, el intervalo de tiempo, según ha sido medido indirectamente desde p_1, es mayor que el intervalo de tiempo medido directamente sobre p_2. Las personas que se encuentran sobre p_1, al comunicarse con las que se encuentran sobre p_2, afirmarán que el movimiento de p_2 hace que retrasen los relojes que se encuentran sobre p_2. No obstante, si uno de los relojes fuera transferido de p_2 a p_1, y el intervalo de tiempo fuera medido directamente con él por las personas que se encuentran sobre p_1, e indirectamente por las que se encuentran sobre p_2, estas últimas dirían que su antiguo reloj marcha ahora más despacio, atribuyendo esto a su transferencia al cuerpo en movimiento p_1. En consecuencia, ambos grupos coincidirían en que el movimiento rectilíneo retrasa los relojes, así como en la conexión entre dicho retraso y la velocidad relativa. Mas, de nuevo, el retraso no es ya un efecto *físico*, producto del movimiento absoluto a través del éter; es, sencillamente, un cambio en la *medida del intervalo de tiempo*, tanto si es calculada mediante lo que marca un *solo* reloj situado en el lugar donde se efectúa la medición del intervalo de tiempo como mediante lo que marcan *dos diferentes* relojes que se encuentran sucesivamente frente a este lugar en el curso de su movimiento respecto a este último. Las mediciones llevadas a cabo por ambos grupos de

observadores coinciden, siempre que se efectúen en condiciones exactamente iguales; y cuando las condiciones de ambas observaciones varían según se ha expuesto anteriormente, siempre podemos pasar de un intervalo de tiempo medido a otro utilizando las ecuaciones.

Seguidamente podemos resumir estos resultados como sigue:

1) Existe una forma directa y otra indirecta para medir la longitud. La primera puede aplicarse solamente a cuerpos que están quietos relativamente a la persona que esté efectuando las mediciones, y consiste en el conocido proceso de aplicar una vara de medir y observar cuántas veces debe ser extendida antes de llegar al otro extremo del cuerpo. Cuando el cuerpo que se trata de medir se mueve relativamente al observador, este método no puede aplicarse. Lo que debe hacerse en tal caso es que *dos observadores* sobre la misma plataforma registren qué puntos sobre la plataforma se encuentran frente a los dos extremos del cuerpo en movimiento *en el mismo momento, según lo registran los relojes colocados sobre su plataforma.* En consecuencia, miden directamente esta distancia, considerándola como la longitud del cuerpo en movimiento. Estos dos métodos dan como resultado la misma medida para el mismo cuerpo (suponiendo que los relojes que se hallan sobre ambas plataformas hayan sido «standardizados» según los principios expuestos al comienzo de este capítulo), y únicamente si las dos plataformas están quietas relativamente entre sí. Si ambas plataformas se hallan en movimiento relativo, rectilíneo y uniforme, los dos métodos no dan como resultado la misma medida para el mismo cuerpo. En este caso, las dos medidas estarán relacionadas entre sí y con la velocidad relativa medida por la fórmula Lorentz-Fitzgerald. Se observará—y esto es muy importante—que el método indirecto para medir la *longitud* implica necesariamente una referencia al *tiempo*, puesto que medimos la distancia entre aquellos dos puntos frente a los cuales se considera que se encuentran *simultáneamente* los dos extremos del cuerpo en movimiento. Lo que discutiremos más adelante es si el método directo de medición también entraña implícitamente una referencia al tiempo.

2) Existe una forma directa y otra indirecta de medir el tiempo que transcurre entre dos acontecimientos sucesivos acaecidos en el mismo punto de la plataforma. La primera sólo pueden aplicarla los observadores que se hallen y permanezcan en este punto de la plataforma y consiste en el conocido proceso de registrar hasta dónde han girado las manecillas del reloj entre los dos acontecimientos. Cuando ambos acontecimientos se producen en un cuerpo que está en movimiento relativamente al observador, este método no puede utilizarse. Lo que debe hacerse en tal caso es que *dos* observadores registren lo que marcan sus relojes cuando se produce el primer acontecimiento frente a uno de ellos y cuando se produce el segundo acontecimiento frente al otro. La diferencia entre lo que marquen estos dos relojes que se encuentran separados es considerada como la medida del intervalo de tiempo entre los dos acontecimientos acaecidos sobre el cuerpo en movimiento. Ambos métodos dan como resultado la misma medida de intervalo de tiempo entre el mismo par de acontecimientos (supo-

niendo que los dos grupos de relojes hayan sido «standardizados» según los principios ya expuestos) y únicamente si las dos plataformas están quietas relativamente entre sí. Si ambas plataformas se hallan en movimiento relativo, rectilíneo y uniforme, los dos métodos no darán como resultado la misma medida de intervalo de tiempo entre el mismo par de acontecimientos. En este caso, las dos medidas estarán relacionadas entre sí y con la velocidad relativa que ha sido medida por la fórmula (7). Es importante observar que la medida indirecta del *intervalo de tiempo* está esencialmente ligada con la *distancia*, ya que los dos acontecimientos que se producen en el mismo lugar respecto a una plataforma se producen en diferente lugar respecto a la otra. Cuanto mayor sea la velocidad relativa de ambas plataformas mayor será la separación espacial de ambos acontecimientos, y mayor será la discrepancia entre las dos medidas de intervalo de tiempo.

Esta relación entre las separaciones espaciales y temporales de un par de acontecimientos resalta aún más claramente cuando consideramos un caso incluso más general, el cual, en todo caso, deberá tratarse si es que la exposición ha de ser completa. Hasta ahora hemos supuesto que los dos acontecimientos, cuya separación temporal debía medirse, se producían en el mismo punto sobre una de las plataformas. Supongamos ahora que cierto acontecimiento se produce en B sobre p_2, cuando el reloj marca allí t_{2B}. Supongamos también que un segundo acontecimiento se produce en C sobre p_2, cuando el reloj marca allí t_{2C}.

Así, pues, el intervalo de tiempo, según se ha medido sobre p_2, es $t_{2C} - t_{2B}$. Pero

$$t_{1B} = k_{21}\left(t_{2B} + \frac{v_{21}x_{2B}}{c^2}\right)$$

y $$t_{1C} = k_{21}\left(t_{2C} + \frac{v_{21}x_{2C}}{c^2}\right).$$

De ahí que $$t_{1C} - t_{1B} = k_{21}\left\{(t_{2C} - t_{2B}) + \frac{v_{21}}{c^2}\ (x_{2C} - x_{2B})\right\} \qquad (8)$$

Ahora bien, $$x_{2B} = k_{12}(x_{1B} + v_{12}t_1)$$

$$x_{2C} = k_{12}(x_{1C} + v_{12}t_{1C}).$$

De ahí que $$x_{2C} - x_{2B} = k_{12}\left\{(x_{1C} - x_{1B}) + v_{12}(t_{1C} - t_{1B})\right\}$$

$$= k_{21}\left\{(x_{1C} - x_{1B}) - v_{21}(t_{1C} - t_{1B})\right\}.$$

De ahí que $$t_{1C} - t_{1B} = k_{21}\left\{(t_{2C} - t_{2B}) + \frac{k_{21}v_{21}}{c^2}(x_{1C} - x_{1B}) - \right.$$

$$\left. - \frac{k_{21}{v_{21}}^2}{c^2}(t_{1C} - t_{1B})\right\}$$

De ahí que $$k_{21}{}^2(t_{1C} - t_{1B}) = k_{21}\,(t_{2C} - t_{2B}) + \frac{{k_{21}}^2 v_{21}}{c^2}\,(x_{1C} - x_{1B}),$$

y $$t_{1C} - t_{1B} = \frac{1}{k_{21}}\,(t_{2C} - t_{2B}) + \frac{v_{21}}{c^2}\,(x_{1C} - x_{1B}). \qquad (9)$$

Por tanto, el intervalo de tiempo entre dos acontecimientos distan-

tes tiene una medida distinta según que haya sido determinada: mediante relojes que se encuentran quietos relativamente a los acontecimientos, o mediante relojes que estén en movimiento relativo, rectilíneo y uniforme relativamente a dichos acontecimientos. La discrepancia entre las dos medidas depende de la separación espacial entre ambos acontecimientos, en la dirección del movimiento relativo de las dos plataformas. La ecuación (8) expresa la relación en términos de la separación espacial, según ha sido medida por los observadores que se encuentran quietos relativamente a ambos acontecimientos; la ecuación (9) expresa dicha relación en términos de la separación espacial, según ha sido medida por los observadores que están en movimiento rectilíneo y uniforme relativamente a ambos acontecimientos. En particular, suponemos que los dos acontecimientos son contemporáneos, según lo registran los relojes que se encuentran en las respectivas plataformas. Esto quiere decir que $t_{2B} = t_{2C}$. En tal caso, no serán contemporáneos según lo registran los relojes que se encuentran en la otra plataforma, ya que $t_{1C} - t_{1B}$ será igual a $\frac{v_{21}}{c^2}(x_{1C} - x_{1B})$. Por tanto, la separación temporal respecto a p aumentará paralelamente a la separación espacial.

El resultado final de toda la cuestión reside en mostrar cuán inextricable es la vinculación recíproca de nuestras mediciones de distancia e intervalo de tiempo. Ahora está completamente claro que cualquier intento de medir longitudes de cuerpos que se mueven relativamente a nosotros implica juicios de simultaneidad. Por otra parte, un par de acontecimientos que son simultáneos respecto a una plataforma determinada, y que están separados en el espacio respecto a dicha plataforma, serán sucesivos respecto a cualquier plataforma que se mueva relativamente a la primera; y el intervalo de tiempo entre ellos, respecto a la segunda plataforma, dependerá de la separación espacial de los dos acontecimientos. Sólo pares de acontecimientos que se produzcan *ambos* en el mismo lugar y en el mismo momento respecto a una plataforma *determinada* se producirán en el mismo lugar y en el mismo tiempo respecto a *todas* las plataformas que se muevan a velocidades rectilíneas uniformes relativamente a la primera. Un par de acontecimientos contemporáneos, que ocupan lugares distintos respecto a la plataforma en los que son contemporáneos, serán sucesivos en todas las demás plataformas que se mueven relativamente a la primera. Un par de acontecimientos sucesivos, que ocupan el mismo lugar respecto a una plataforma determinada, ocuparán lugares distintos respecto a todas las demás plataformas que se mueven relativamente a la primera. Este hecho era ya lo suficientemente conocido antes de que se desarrollara la Teoría de la Relatividad. Si viajo a Escocia, y ceno en el vagón-restorán, los dos acontecimientos de tomarme la sopa y beberme el café son sucesivos, y ocurren en el mismo lugar relativamente al tren, es decir, en mi asiento del vagón-restorán. Pero, respecto a la Tierra, ocurren en distintos lugares, es decir, en Grantham y York, respectivamente. Lo que ha sido últimamente reconocido es que esto es, asimismo, aplicable a los *momentos* en que se producen los aconte-

cimientos en distintos *lugares*. Si los relojes de los viajeros y de los empleados del tren hubieran sido puestos en hora mientras el tren estaba en movimiento según los mismos principios que los relojes en tierra, obtendríamos el siguiente resultado: Mi compañero de viaje y yo podríamos meternos una cucharada de sopa al mismo tiempo, de acuerdo con nuestros relojes; pero, de acuerdo con los relojes en tierra, él se llevaría la cuchara a la boca algo más tarde que yo, si yo estuviera sentado frente a la locomotora y él de espaldas a ella. Y la diferencia de tiempo sería proporcional a la anchura de la mesa en que los dos estuviésemos sentados. La razón por la que esta cuestión ha estado siempre clara respecto al Espacio, pero ha necesitado ser detenidamente examinada para poder concebirse respecto al Tiempo, es la siguiente: La separación entre Grantham y York es evidente e incuestionable. Pero la separación en el tiempo entre mi cucharada y la de mi compañero según los relojes en tierra es proporcional a la razón de la velocidad del tren con el cuadrado de la velocidad de la luz (véanse ecuaciones 8 y 9). Ahora bien, la velocidad de la luz es enorme en comparación con la de los trenes, incluso con un ferrocarril tan eficaz como el Great Northern, por lo que la separación temporal es insignificante, pudiendo sólo averiguarse indirectamente a través de los resultados negativos de experimentos tan escrupulosos como el de Michelson-Morley.

Así vemos que, a la larga, la Teoría de la Relatividad *es* más relativa que la tradicional Teoría Relativa del Movimiento, que examinamos en el capítulo anterior. Pues, según aquélla, no sólo la separación espacial de acontecimientos sucesivos es relativa al sistema de coordenadas escogido, sino que también la separación temporal de dos acontecimientos que se producen en diferentes lugares es relativa al sistema de coordenadas y a los relojes relacionados con aquéllos.

El Principio Físico Restrictivo de la Relatividad

Terminaré este capítulo tratando de formular claramente este principio físico, para después explicarlo. Dicho principio puede formularse del modo siguiente: Las leyes de cualquier fenómeno físico tienen la misma forma matemática, tanto si han sido descubiertas y verificadas por observadores que permanecieron quietos relativamente a tales fenómenos como por observadores que estaban en movimiento relativamente a ellos a una velocidad uniforme rectilínea. Tratemos ahora de ver claramente qué quiere decir esto. La ley de cualquier fenómeno, al ser expresada en forma matemática, constituye una ecuación diferencial que vincula alguna cantidad medida, observada en otro lugar (o puede ser en el mismo) y en otro momento (o puede ser en el mismo). La ley entrañará también la distancia entre los dos lugares y los intervalos de tiempo entre los dos momentos. Las ecuaciones de Maxwell son un ejemplo perfecto de una ley física. Ahora está claro que, a la larga, tales leyes son verificables sólo en la medida en que expresan relaciones entre magnitudes que hayan sido real-

mente medidas, tales como lo que marcan los relojes, desviaciones de galvanómetros o magnetómetros, número de pesas colocadas en una balanza, número de veces que una determinada vara de medir debe ser tendida para llegar de un lugar a otro, etc. Podemos tomar estas medidas para que representen tanto o cuanto intervalo de tiempo, tanta o cuanta intensidad de corriente o energía magnética, tanta o cuanta fuerza de gravitación, tanta o cuanta longitud, etc.; y podemos, si así lo deseamos, plantear la cuestión de si estas medidas que provienen de nuestros instrumentos representan «realmente» las «verdaderas» magnitudes físicas en cuestión. Mas, por lo que se refiere a nuestras leyes y a la verificación de las mismas, lo que realmente tiene importancia son las magnitudes *medidas;* y la cuestión de qué es lo que representan en el mundo físico constituye un problema secundario de interpretación teórica. Por ejemplo, las ecuaciones de Maxwell, en la medida en que pueden verificarse, expresan relaciones entre lo que marcan electrómetros, magnetómetros y galvanómetros en diferentes lugares; lo que marcan los relojes en tales lugares y el número de veces que debe extenderse las varas de medir para llegar de un lugar a otro.

Ahora bien, *no* es verdad, y el Principio Físico de la Relatividad *no* lo afirma, que si un observador permanece quieto con sus instrumentos relativamente a un fenómeno determinado, y otro observador está en movimiento uniforme con sus instrumentos relativamente al primero, los correspondientes instrumentos de ambos observadores *marcarán lo mismo.* En rigor, ya sabemos que atribuirán intervalos de tiempo y separaciones espaciales diferentes a los fenómenos observados. Y, en general, lo mismo puede decirse de sus otras mediciones. Supongamos, por ejemplo, que uno de los observadores, provisto de un magnetómetro y de un electrómetro cuadrante, permanece quieto respecto a una partícula cargada, y que el otro observador, provisto de los mismos instrumentos, se mueve de manera uniforme y rectilínea respecto al primero; el magnetómetro del primer observador marcará cero, mientras que el del segundo marcará una cifra finita. Lo que afirma el Principio Físico de la Relatividad, y lo que *es* verdad según tenemos entendido, es la siguiente proposición: Las ecuaciones que vinculan lo que marcan los instrumentos de uno de los observadores entre sí y con aquellas distancias e intervalos de tiempo que él ha medido tienen exactamente la misma *forma* que las que vinculan lo que marcan los instrumentos del otro observador entre sí y con aquellas distancias e intervalos de tiempo que *éste* ha medido.

Con objeto de exponer formalmente este principio, supongamos que los observadores que se hallan sobre p están quietos respecto al fenómeno en cuestión. Supongamos también que lo que marcan sus instrumentos de medición equivale a P_1, Q_1, R_1, . . ., y que las distancias e intervalos de tiempo, según sus mediciones, son d_1 y t_1, respectivamente. La velocidad del fenómeno respecto a ellos es cero. Supongamos que consiguen averiguar que lo que marcan los diversos instrumentos está relacionado entre sí, así como con las distancias, los

intervalos de tiempo y con la velocidad, según la ecuación o grupo de ecuaciones:

$$\phi_1 (P_1, Q_1, R_1. \ldots ; d_1 ; t_1 ; 0) = 0.$$

Supongamos ahora que lo que marcan los correspondientes instrumentos de los observadores que se encuentran sobre p_2, y que están observando el mismo fenómeno, equivale a P_2, Q_2, R_2, . . . Supongamos también que las distancias e intervalos de tiempo, según las mediciones que éstos han efectuado, son d_2 y t_2, respectivamente. Respecto a ellos, el fenómeno en observación tendrá, naturalmente, la velocidad medida v_{12}. En este caso, lo que marcan los aparatos de estos últimos estará relacionado entre sí según la ecuación o grupo de ecuaciones:

$$\phi_2 (P_2, Q_2, R_2. \ldots ; d_2 ; t_2 ; v_{12}) = 0.$$

Lo que declara el principio físico es que ϕ_2 es igual a ϕ_1. Esto puede resumirse brevemente diciendo que, según el Principio Físico Restrictivo de la Relatividad, las leyes de la Naturaleza son covariantes respecto a las transformaciones espacio-tiempo de la teoría especial o restrictiva de la Relatividad.

Es, asimismo, importante tener absoluta claridad sobre la relación entre este principio y la invariabilidad de la velocidad de la luz que ha sido medida respecto a todos los observadores que se mueven relativamente entre sí en líneas rectas y a velocidades uniformes. Este último hecho no implica ni está implicado en dicho principio físico, aunque, naturalmente, es compatible con él. Es evidente que un hecho acerca de la luz no puede por sí mismo implicar lógicamente un principio sobre todos los fenómenos naturales, sean del tipo que sean. Por el contrario, el principio físico sólo implica que las velocidades medidas de la luz respecto a todos los observadores constituirán *la misma función* en sus respectivas mediciones de distancia e intervalos de tiempo; no implica que todas estas velocidades relativas que han sido medidas tendrán *el mismo valor numérico*. El hecho de que, en realidad, tengan el mismo valor numérico es un arbitrio tácito que nos es revelado por el experimento Michelson-Morley y otros experimentos. Este hecho tiene gran importancia práctica, ya que nos permite bajar de las nubes al Principio Físico para aplicarlo a resultados concretos. Esto es así porque la invariabilidad de la velocidad de la luz medida nos permite lograr, en la forma ya descrita, las transformaciones de espacio y tiempo, es decir, expresar d_2 y t_1. Una vez efectuado esto podemos ver cómo P_2, Q_2, R_2, . . . deben estar relacionados con P_1, Q_1, R_1, . . . a fin de que la forma de las leyes de cualquier fenómeno sea la misma para los observadores que se encuentran sobre p_1 como para los que se encuentran sobre p_2. Así, pues, podemos llegar a la siguiente conclusión: Una vez que conocemos lo que marcan los instrumentos de uno de los observadores que permanecen quietos respecto a un fenómeno podemos calcular lo que marcan los instrumentos correspondientes a un observador que se mueve a una velocidad uniforme rectilínea respecto a dicho fenómeno, lo cual tiene, naturalmente, un valor inmenso.

Si aceptamos el Principio Físico tendremos que examinar todas las alegadas leyes de la Naturaleza y comprobar si coinciden con él, es decir, si son covariantes respecto a las transformaciones de la Teoría Especial de la Relatividad. De este modo vemos que algunas de las alegadas leyes de la Naturaleza están ya formuladas en su forma justa; las ecuaciones de Maxwell constituyen un ejemplo evidente. Otras no lo están, como, por ejemplo, la Conservación del Impulso, basándose en la opinión tradicional de que la masa es independiente de la velocidad. A primera vista, tales ejemplos pueden considerarse como factores que ponen en tela de juicio el Principio Físico. Aquí, sin embargo, deben señalarse dos puntos: 1) Si el principio es justo y las leyes están formuladas erróneamente, no es, pues, sorprendente que las leyes hayan sido constantemente verificadas, puesto que la divergencia sólo empezaría a manifestarse al tratar con velocidades comparables con la de la luz. Pero, naturalmente, las velocidades de simples partículas de materia son totalmente insignificantes en comparación con la de la luz. 2) Cuando se comenzó a tratar con materia que se movía a grandes velocidades, como es el caso de las partículas procedentes de cuerpos radiactivos o de los polos de tubos termiónicos, se llegó a la conclusión de que las leyes tradicionales debían ser modificadas, y que tales modificaciones debían efectuarse en la misma dirección y en el mismo orden exigidos por el Principio Físico. En ambos casos, la fuerza del principio reside en lo siguiente: Si se mantiene la forma tradicional de las leyes, tratando de ajustarla a los hechos sobre las partículas que se mueven a velocidades comparables con la de la luz, deberán hacerse hipótesis *físicas* especiales por cuanto se refiere a la naturaleza y a la minuciosa estructura de la materia. La segunda variante, que consiste en modificar las leyes hasta hacerlas concordar con el Principio Físico, tiene la ventaja de responder a los resultados experimentales no requiriendo hipótesis física alguna por cuanto se refiere a la naturaleza y estructura de la materia.

En el capítulo sexto abordaré el ulterior desarrollo de la Teoría de la Relatividad y la ulterior modificación de los conceptos físicos tradicionales que aquél ocasiona.

Pueden consultarse con provecho las siguientes obras:

L. SILBERSTEIN, *Theory of Relativity.*
M. SCHLICK, *Space and Time in Contemporary Physics.*
E. CUNNINGHAM, *Relativity, Electron Theory, and Gravitation.*

(Me permito llamar la atención del lector sobre el hecho de que las exposiciones más *populares* de la Teoría son, o bien completamente erróneas o bien están tan vagamente expuestas que pueden conducir a conclusiones erróneas; y que *todo* lo que contra ella se ha escrito —incluso publicado por eminentes personalidades de Oxford—está basado en conceptos falsos.)

La Cinética Tradicional y su gradual modificación en el terreno de la Física. I) Leyes de Newton sobre el Movimiento y la Gravitación

«Die Entscheidung dieser Fragen kann nur gefunden werden, indem man von der bisherigen durch die Erfahrung bewährten Auffassung der Erscheinungen, wozu Newton den Grund gelegt, ausgeht und diese durch Tatsachen, die sich aus ihr nicht erklären lassen, getrieben allmählich umarbeitet; solche Untersuchungen, welche .... von allgemeinen Begriffen ausgehen, können nur dazu dienen, dass diese Arbeit nicht durch die Beschränktheit der Begriffe gehindert und der Fortschritt im Erkennen des Zusammenhangs des Dinge nicht durch überlieferte Vorurteile gehemmet wird.»

(RIEMANN, *Über die Hypothesen welche der Geometrie zu Grunde liegen.*)

No tengo el propósito de pasar directamente de la Teoría Especial de la Relatividad, explicada en el capítulo anterior, a la Teoría General de la Relatividad. Esta última concierne en su mayor parte las leyes del movimiento y la ley de la gravitación, por lo que será más conveniente abordar en primer lugar la forma tradicional de dichas leyes. Por esta razón, el presente capítulo estará más estrechamente relacionado con el capítulo tercero, y el próximo con el capítulo cuarto.

La primera ley de Newton sobre el movimiento establece que un cuerpo que no está sometido a ninguna fuerza permanece o bien quieto o bien en movimiento uniforme rectilíneo. De por sí, esta fomulación carece de significado si no asumimos la Teoría Absoluta y, por otra parte, asumir dicha teoría no pasa de ser una opinión gratuita imposible de comprobar o de refutar. Por otra parte, si asumimos la Teoría Relativa, resulta ser una formulación incompleta. Si todo movimiento es cambio de posición de un cuerpo respecto a otros, carece de sentido hablar de quietud o de movimiento en línea recta, mientras no especifiquemos qué sistema de cuerpos utilizamos como ejes de referencia. Yo estoy quieto respecto a mi habitación y en movimiento respecto al Sol. El planeta Marte describe una elipse respecto al Sol y una curva extremadamente complicada respecto a la Tierra. Sin duda, esta ley, según fue originalmente formulada, estaba concebida para ser aplicada a los movimientos en el Espacio Absoluto. Pero como éstos, suponiendo que existan, son inobservables, la ley interpretada así es tan vana como el enunciado de la doctrina sobre la inmortalidad de la estructura interna de la Divina Trinidad. Por tanto, lo primero que necesitamos es fijar nuestros ejes de referencia. Supongamos, en principio, que sean las estrellas. Aunque, de acuerdo con la forma de las dos primeras leyes, también servirá cualquier grupo de ejes que estén en movimiento uniforme rectilíneo respecto a las estrellas, siempre que nos basemos en los juicios tradicionales sobre la medición de

Espacio y Tiempo, y no introduzcamos en este caso las complicaciones que surgieron en el capítulo anterior.

Pero, incluso cuando se fijan los ejes espaciales, quedan por explicar dos términos, a saber: *uniformidad* y *fuerza*. Refirámonos a la uniformidad. La uniformidad del movimiento no tiene significado alguno si no se refiere al movimiento absoluto o si no se expone qué es lo que se adopta como su medidor «standard» del tiempo. Un movimiento uniforme significa un movimiento que cubra distancias iguales en intervalos de tiempo iguales. Si partimos del concepto Relativista del Tiempo, un intervalo de tiempo es la relación entre dos acontecimientos; e incluso partiendo teóricamente del concepto *Absoluto*, vemos que sólo los intervalos de tiempo entre acontecimientos pueden realmente observarse y medirse. Por tanto, debe suponerse que contamos con un proceso determinado que cognosciblemente se repite, y que el intervalo de tiempo entre las etapas correspondientes de cada repetición es siempre igual. Un movimiento uniforme es el que cubre distancias iguales durante el mismo número de repeticiones de un proceso «standard» determinado, que a su vez es isócrono.

Aquí surgirá la pregunta: ¿Cómo saber si nuestro proceso «standard» es realmente isócrono, es decir, si el intervalo de tiempo entre sus correspondientes etapas es siempre el mismo? Si determinamos este tiempo de manera indirecta, mediante argumentos mecánicos, la primera ley del movimiento se transformará en una tautología, ya que utilizaremos argumentos basados en dicha ley para demostrar que tal y tal proceso es isócrono, y luego utilizaremos este mismo proceso para dar significado a la uniformidad del movimiento, que es precisamente base de la primera ley anteriormente mencionada. Naturalmente, este sofisma no se comete, por lo general, de forma tan flagrante; sin embargo, aunque de forma más sutil, sí se comete algo muy parecido. Nuestro común «standard» de isocronismo es la oscilación sucesiva de un péndulo. Supongamos que definimos el movimiento uniforme respecto a un sistema determinado de ejes como el movimiento que cubre distancias iguales respecto a dichos ejes durante las sucesivas oscilaciones de un péndulo. Hasta aquí no hemos cometido ningún sofisma. Mas si verificamos experimentalmente la primera ley sobre la base de esta definición de uniformidad, y utilizamos después aquélla como base para explicar que el péndulo no tarda exactamente el mismo tiempo en sus oscilaciones sucesivas, así como para corregir sus errores, entonces sí que cometemos un sofisma. Si, en la primera ley, uniformidad de movimiento *significa* sencillamente uniformidad en comparación con un péndulo, cualquier persona que diga que los péndulos no se mueven de manera exactamente isócrona no podrá seguir utilizando la palabra *uniformidad* en el sentido original en que fue utilizada para formular la primera ley. Y en este punto surgirán dos dificultades. 1) Deberemos preguntar a dicha persona qué proceso «standard» ha adoptado en tal caso, ya que se admite que uniformidad, si ha de ser observable y mensurable, deberá entrañar una comparación con algún proceso físico «standard»; 2) Podemos recordarle que, si la primera ley ha sido verificada cuando se interpreta uniformidad

por referencia a un péndulo, ningún argumento que se base en dicha ley podrá utilizarse para demostrar que, *en ese sentido*, los péndulos no se mueven de forma isócrona; y 3) Si la ley no es absolutamente justa, definiendo a la uniformidad de esta manera, no debería utilizarse para demostrar algo mientras *a)* no haya sido modificada hasta llegar a ser absolutamente justa, de acuerdo con la antigua definición de uniformidad, o *b)* que se otorgue a uniformidad un nuevo significado en el que aparezca como absolutamente justa su forma original.

En realidad, nos quedan sólo dos alternativas. O bien la primera ley no es más que una definición de uniformidad, en cuyo caso se reduce a la formulación de que un movimiento uniforme significa aquel que se produce cuando no interviene fuerza alguna, o es una formulación substancial, en cuyo caso algún proceso «standard» o grupos de procesos «standard» deberán ser considerados inmediatamente como isócronos y utilizados posteriormente como criterio de uniformidad. Creo estar en lo cierto al afirmar que la primera alternativa no es la justa. Está claro que el *significado* de uniformidad o de isocronismo no tiene nada que ver con las leyes del movimiento. Antes, la gente consideraba que ciertos procesos, como las oscilaciones de un péndulo, la consumación de velas en ausencia de corrientes, el paso de la arena en los relojes de arena, etc., eran isócronos, mucho antes de llegar a pensar en la cuestión de si en ello había fuerzas presentes o no las había.

Por consiguiente, debemos adoptar la segunda alternativa. Esto implica que, en circunstancias desfavorables, podemos juzgar directamente la igualdad entre intervalos de tiempo, de la misma forma que podemos juzgar la igualdad de longitudes. Esto parece justo, mas no quiere decir, naturalmente, que tales criterios sean infalibles. Y aquí puede surgir la pregunta: ¿Podemos, en conformidad, corregir nuestro proceso «standard» utilizando leyes formuladas en términos originalmente definidos por aquél? Considero que podemos hacerlo y que lo hacemos, y que vale la pena considerar la lógica de tal procedimiento.

Admito que nuestra creencia de que los intervalos de tiempo entre oscilaciones sucesivas de un péndulo son iguales es aproximadamente justa si permanecemos quietos respecto a dicho péndulo. Supongamos que consideramos éste como nuestro «standard» original de isocronismo, utilizándolo para definir la uniformidad, y que nos encontramos que con esta definición la primera ley es ampliamente verificada. Mas, de nuevo, esta verificación se efectuará sólo dentro de los límites del error experimental. Ahora bien, supongamos que aplicamos la primera ley, así formulada y aproximadamente verificada, a un gran número de fenómenos. Quizá nos encontremos, a medida que ampliamos nuestras observaciones y hacemos nuestras mediciones cada vez con mayor exactitud, con que, de acuerdo con la primera ley, un gran número de fenómenos son muy aproximados, pero no exactos. En diversos casos llegaremos a la conclusión de que existen pequeños efectos remanentes que han quedado faltos de explicación. En esta situación nos encontramos ante dos alternativas: 1) Podemos conservar la primera ley, según fue originalmente formulada, y considerar que los

pequeños motivos de disturbios actúan en todos los casos excepcionales. En tal caso, podemos presentar hipótesis físicas para explicar esto; y 2) Podemos decir que la primera ley, según fue originalmente formulada, no es absolutamente justa. Supongamos que vemos que una sola pequeña modificación explica todas las pequeñas inexactitudes en las predicciones basadas en dicha ley. Naturalmente, resulta más razonable efectuar esta única modificación que presentar diferentes hipótesis físicas en todos aquellos casos en que la ley original no los explica exactamente. A su vez, esta modificación de la primera ley puede efectuarse de dos formas alternativas: *a)* Podemos decir: «El péndulo es exactamente isócrono, y no ejerciéndose fuerza alguna sobre ellos, los cuerpos se mueven casi, mas no exactamente, de manera uniforme y rectilínea respecto a las estrellas». O podemos también decir: *b)* «La oscilación de un péndulo es un proceso aproximadamente isócrono; y, por tanto, un cuerpo que se mueva 'uniformemente', de acuerdo con un péndulo, en realidad no se mueve uniformemente». Si suponemos que los tiempos en que tardan en producirse las sucesivas oscilaciones difieren por cierta cantidad extremadamente reducida, podremos mantener la forma de la primera ley sin modificación alguna y explicar, no obstante, de manera exacta, todos los fenómenos. Por ello, puede decirse en cierto sentido que la primera ley fue formulada en términos de uniformidad, siendo más tarde utilizada para demostrar que tal «uniformidad» no es exactamente uniforme. ¿Existe alguna objeción lógica a tal proceso.

No la habrá si comprendemos claramente lo que estamos haciendo. No comenzamos definiendo la igualdad de intervalos de tiempo *como* la relación entre las sucesivas oscilaciones de un péndulo. Sencillamente, dijimos que estas dos duraciones podían ser percibidas inmediatamente como si en realidad fueran casi iguales. A renglón seguido admitimos que este criterio puede hacer caso omiso de las diferencias demasiado pequeñas para poder ser inmediatamente percibidas. Más adelante hemos visto que, en el sentido de la uniformidad basada en la suposición de que los péndulos son exactamente isócronos, la primera ley es justa dentro de los límites de la observación directa. Observaciones más amplias y escrupulosas nos obligaron, ya sea a modificar la propia ley, o bien a efectuar una serie de hipótesis físicas suplementarias, o bien a rechazar la opinión de que los péndulos son exactamente isócronos. Nosotros decidimos adoptar la última de estas alternativas. El resultado es que tanto la ley como el «standard» de uniformidad contienen una pequeña dosis de convencionalismo y una gran masa de hecho experimental esencial. La uniformidad queda probada mediante un proceso físico «standard», conocido como casi isócrono, pero levemente «aderezado», con objeto de que guarde la forma de la primera ley establecida. La primera ley es conocida como casi completamente justa, aun cuando la uniformidad es probada mediante el proceso no corregido. La prueba de la uniformidad está ligeramente modificada, a fin de que la ley, en su forma original, sea absolutamente justa, y al mismo tiempo compatible con todos los fenómenos.

Esta mezcla de convencionalismo y observación es una característica muy corriente de las leyes científicas, y es incuestionable, teniendo en cuenta que: 1) Incluso prescindiendo de dicha mezcla la ley puede verificarse con gran aproximación en límites extremadamente amplios; 2) La cantidad de «aderezo» necesario no rebasa los límites de la posible observación directa; y 3) Con esta mezcla, la ley guarda su sencilla forma original, pudiendo, sin embargo, explicar todos los fenómenos de manera exacta, sin tener que recurrir a hipótesis adicionales.

El término ambiguo de la primera ley que aún nos queda por examinar es *Fuerza*. Admitiendo que la primera ley no es una definición de uniformidad, puede, no obstante, considerarse como definición de la ausencia de fuerzas. De no ser esto, sino una formulación substancial, deberán cumplirse las siguientes condiciones. Debemos, por lo menos en ciertos casos, saber si un cuerpo está o no influido por fuerzas, independientemente de saber si dicho cuerpo en realidad se mueve de manera uniforme y en línea recta en el sentido definido anteriormente, ya que, según la primera ley, los objetos que no están sometidos a la acción de ninguna fuerza permanecen quietos o se mueven de manera uniforme y en líneas rectas. Si esto constituye un hecho experimental sobre la Naturaleza deberá estar basado en la observación de cuerpos en esas condiciones, pudiendo observar que siempre permanecen quietos o en movimiento rectilíneo respecto a las estrellas, con una velocidad uniforme, determinada en virtud de un proceso «standard», corregido, en caso necesario, en la forma anteriormente expuesta. Por tanto, debemos preguntarnos: ¿Qué queremos decir por *fuerza?* ¿Podemos determinar, prescindiendo de las leyes del movimiento, si algunas fuerzas actúan o no sobre un cuerpo?

Para responder a esta pregunta necesitamos referirnos tanto a la segunda ley del movimiento como a la primera. Muchos hombres eminentes han defendido la opinión de que en la Mecánica la noción de fuerza es innecesaria e inútil. Para ello se han basado en que la llamada segunda ley del movimiento no es la expresión de un hecho experimental, sino sencillamente una definición del concepto *fuerza;* de esta manera, siempre que aparezca en Mecánica la palabra *fuerza* podemos sustituirla por la definición expuesta en la segunda ley. Además, la segunda ley puede formularse de tal modo que la razón de cambio del impulso de una partícula, en cualquier momento y en una dirección dada, sea igual a la fuerza que actúa sobre dicha partícula en dicho momento y en dicha dirección. Naturalmente, «dirección» entraña una referencia tácita a un sistema determinado de ejes, «razón de cambio» entraña una referencia a un proceso «standard» determinado que permita la medición del tiempo. Estos dos puntos pueden considerarse como los mismos que aquellos establecidos al examinar la primera ley. Por otra parte, podemos juzgar la segunda ley en dos formas diferentes: 1) Podemos suponer que ya sabemos lo que queremos decir por *fuerza,* y que disponemos de un método para medir su magnitud y dirección. Sobre la base de esta opinión, la segunda ley es una formulación substancial que expresa la observada relación, en

magnitud y dirección, entre una fuerza y la razón de cambio de impulso de una partícula. 2) La otra opinión es que la segunda ley da simplemente un significado a la palabra *fuerza*, y define la oración «una fuerza de tal y tal magnitud que actúa en tal y tal dirección». Esta última interpretación es considerada, por una razón u otra, como extremadamente perspicaz y «científica», y la primera con sabor a metafísica. Más adelante veremos que, pese a la existencia de cierta medida de verdad en la segunda opinión, la cuestión ha sido considerablemente exagerada y no tiene nada que ver con la supuesta antítesis que existe entre «ciencia» y «metafísica».

Para mí está claro que nadie *quiere decir* ni *ha querido decir* por «fuerza» razón de cambio de impulso. Es indudable que la segunda ley, según su formulación original, no pretende definir el concepto fuerza, sino hacer una declaración substancial sobre ella. Es indudable que la base sensitiva del concepto científico de fuerza es la sensación de esfuerzo que experimentamos cuando arrastramos un cuerpo pesado, o lanzamos una piedra o cimbramos un arco. A mi entender, este hecho histórico no es negado por los defensores de la teoría «descriptiva» (o, mejor dicho, «de definición»), sino que lo que probablemente dirían es que, en este sentido, la fuerza es puramente humana y no tiene nada que ver con las leyes de la Mecánica. Sinceramente, no podemos suponer que, por ejemplo, el Sol experimenta un esfuerzo al mantener a la Tierra en su órbita, como nos ocurre a nosotros cuando hacemos girar un peso atado al extremo de una cuerda. De ahí que se sostenga que nuestra afirmación de que el Sol ejerce una fuerza sobre la Tierra no puede desprenderse de nuestra experiencia sobre la sensación de esfuerzo. Creo que a esto caben dos respuestas: 1) Debemos distinguir entre nuestra sensación de esfuerzo y los esfuerzos que experimentamos, de la misma forma que debemos distinguir entre nuestra sensación de movimiento y el movimiento que nosotros mismos experimentamos. Fuerza no es nuestra sensación de esfuerzo; se supone simplemente que los esfuerzos que experimentamos son fuerzas o indicios de fuerzas. Es, por tanto, absurdo suponer que el Sol realiza un esfuerzo al atraer a la Tierra; mas esto no es absurdo porque el Sol no pueda ser *objeto de* un esfuerzo, sino porque—al carecer de mente—no puede *experimentar* ni un esfuerzo ni ninguna otra sensación. Por tanto, es completamente coherente que un hombre describa las fuerzas como los factores de la Naturaleza que se nos manifiestan directamente en nuestra sensación de esfuerzo, y añada que los cuerpos inanimados, como el Sol, son objeto de tales fuerzas. 2) La insistencia en el argumento actualmente discutido haría tan irrazonable afirmar que un cuerpo inanimado, como la Tierra, es redondo o que gira, como afirmar que sobre ella actúan fuerzas. Pues no cabe duda alguna de que nuestros conceptos de redondez y rotación están fundados en sensaciones de vista y tacto. Si yo no hubiera nunca experimentado la redondez o aproximada redondez de ciertos objetos no podría saber tampoco lo que significa *redondez*, como no sabe lo que significa la palabra *encarnado* una persona que sufre de daltonismo. La persona que utiliza el argumento de que el Sol no experimenta esfuerzo al-

guno, como objeción a la opinión de que la sensación de esfuerzo es la experiencia sensitiva que da un significado al concepto de fuerza, podría ser llamado a considerar el siguiente argumento análogo: «¿Cómo puede basarse nuestro concepto de redondez en nuestros sentidos de vista y tacto, cuando se admite que la Tierra, que no puede verse ni sentirse, es redonda?». Naturalmente, la respuesta es que la Tierra tiene la clase de propiedades que hemos llegado a conocer mediante la vista y el tacto, y que no necesita ser vista ni sentida para tenerlas. Asimismo, parece que no existe razón alguna para que la Tierra no sea objeto de fuerzas que en realidad no siente, ya que las fuerzas son hechos naturales que llegamos a conocer mediante nuestra sensación de esfuerzo.

Considero, por tanto, completamente justo mantener que los esfuerzos que experimentamos equivalen a los datos sensitivos originales sobre los que hemos basado nuestro concepto de fuerza física, del mismo modo que las manchas de colores y formas determinadas constituyen los datos sensitivos originales sobre los que hemos basado los conceptos de formas y colores físicos. La teoría descriptiva sitúa simplemente nuestras sensaciones de vista y tacto en una posición privilegiada completamente irracional en comparación con nuestras sensaciones de esfuerzo. Posteriormente veremos hasta qué punto existe justificación *práctica* para proceder así.

Además, limitándonos incluso a los imperfectos detalles de la sensación muscular, podemos distinguir los factores de dirección y magnitud. Nosotros tenemos que hacer un mayor esfuerzo al lanzar, a la misma velocidad, un pesado martillo que al lanzar una simple piedra. Y para hacer que algo se mueva en una dirección determinada tenemos que colocar nuestro cuerpo de tal forma que podamos empujarlo, atraerlo o lanzarlo en la dirección deseada. Por tanto, fuerza, según la percibimos al experimentar un esfuerzo, coincide, naturalmente, de manera general con la segunda ley, cuando consideramos la superficie de la Tierra como nuestro eje espacial y cualquier medidor corriente de velocidad, como nuestro «standard» de tiempo. El problema es, naturalmente, que los esfuerzos experimentados son y seguirán siendo vagos, tanto en magnitud como en dirección. Además, la mayor parte de las fuerzas con que tenemos que tratar en las ciencias no las percibimos como esfuerzos y, por tanto, no podemos basar en esfuerzos experimentados una satisfactoria medida científica de fuerza. Mas esto no constituye una peculiaridad de los esfuerzos, sino que lo mismo ocurre con las temperaturas sentidas. El *significado* de temperatura y de fuerza se deriva del calor y del esfuerzo experimentados, respectivamente. Una persona que jamás haya experimentado tales sensaciones no puede comprender en absoluto estos términos. Además, estas dos características experimentadas tienen una magnitud de intensidad perfectamente apreciable, aunque vagamente discernible. Queremos definir en cada caso métodos de medición que coincidan, en lo fundamental, con nuestros imperfectos criterios inmediatos, pero que al mismo tiempo sean susceptibles de una mayor exactitud y de ser aplicados en los casos en que no pueden experimentarse sensaciones,

Este es el papel que desempeña el termómetro, en el caso de la temperatura, y nadie, «excepto un necio o un pensador anticipado» (citando al señor Bradley), se imagina que lo que *queremos decir* por temperatura es la altura de una columna de mercurio.

Así, pues, en todo caso, la segunda ley no es una formulación de lo que se entiende por *fuerza*. Puede ser, no obstante, una simple formulación sobre la forma en que debe *medirse* la fuerza para fines científicos. Este será el caso si la sola y única forma de medir la fuerza es midiendo la razón de cambio del impulso. Sin embargo, si existe cualquier forma independiente para determinar exactamente la dirección y magnitud de una *fuerza*, la segunda ley no será ni una definición de fuerza ni una formulación de cómo ésta debe medirse científicamente. En tal caso, será una formulación substancial sobre la fuerza. Ahora bien, pienso que es evidente que, en casos favorables, podemos medir la fuerza sin hacer referencia a la razón de cambio del impulso. Supongamos que varias cuerdas, a las que han sido adaptados pesos, están atadas a un cuerpo, pasando después por poleas. Las direcciones momentáneas de las cuerdas darán un significado claro y mensurable a las direcciones de las fuerzas, y los pesos darán una clara medida de sus magnitudes. Y estas magnitudes y direcciones: 1) Están en evidente acuerdo con lo que nuestras sensaciones de esfuerzo nos revelan en todos aquellos casos en que puede efectuarse una comparación; 2) Son mucho más exactas y precisas, y pueden determinarse en aquellos casos en que no podemos experimentar sensaciones de esfuerza; y 3) Son completamente independientes de toda referencia a razón de cambio del impulso. Por consiguiente, la segunda ley no es ni una definición ni una formulación de cómo debe medirse la fuerza, sino una formulación substancial que estipula una conexión entre dos grupos de fenómenos, mensurables e independientes, de la Naturaleza. Es evidente que una vez que esta conexión entre la magnitud y la dirección de una fuerza, por una parte, y la razón de cambio del impulso de un cuerpo, por otra, han sido establecidas sobre la base del estudio de aquellos casos favorables, en los que la fuerza puede medirse independientemente, podemos utilizar la ley para medir indirectamente las fuerzas que actúan en los casos desfavorables, es decir, en los casos en que es imposible efectuar la medición directa.

Si deseo hallar la tracción de una cuerda que hace girar un peso, lo mejor *ahora* es averiguar la velocidad angular del peso y su masa; determinar, sobre la base de estos datos obtenidos, la razón de cambio de impulso, e igualar la magnitud de la tracción de acuerdo con dicha velocidad. Pero ahora no utilizo este método porque por «fuerza» entienda razón de cambio del impulso, ni porque ésta sea la única forma posible de poder *medir exactamente la fuerza*, sino porque en el pasado, y en casos más desfavorables, he podido medir la fuerza independientemente, encontrando que es proporcional a la razón de cambio del impulso.

Hasta ahora no hemos observado nada que sea favorable a la teoría «descriptiva» de la fuerza. No obstante, estoy convencido de que tiene un fondo importante de verdad que ha permanecido oculto debido a

una negligencia en su formulación. El descriptivista típico combina generalmente los dos puntos de vista según los cuales *fuerza* significa simplemente razón de cambio del impulso y no es, en última instancia, un concepto que tenga gran importancia para la Mecánica, presentando a menudo la primera opinión como una razón para la segunda. Ya hemos visto que la primera es falsa, y, en todo caso, es absurdo pretender combinarla con la segunda. Si *fuerza* significa simplemente razón de cambio del impulso, y si fuerza carece de importancia para la Mecánica, se desprende, inevitablemente, que la razón de cambio de impulso también carece de importancia para la Mecánica. Y nadie que no haya perdido el juicio puede mantener esta afirmación. La realidad es, en mi opinión, que fuerza *no es*, en última instancia, un concepto de gran importancia para la Mecánica, aunque esto no se desprende del punto de vista según el cual *fuerza* significa razón de cambio de impulso, y aunque tal punto de vista sobre el significado de *fuerza* es erróneo.

Trataré, pues, de explicar por qué mantengo esta opinión. Para saber qué fuerzas actúan sobre un cuerpo necesitamos conocer de qué están compuestos otros cuerpos, cercanos y lejanos, en qué estados físicos y químicos se encuentran, etc. Por ejemplo, cuando se trata de las fuerzas magnéticas, es imprescindible saber si el cuerpo o los cuerpos que se mueven cerca de ellas son de hierro o de madera, etc. Además, cuando el movimiento es producido por impacto o impedido por fricción, es imprescindible conocer el grado de elasticidad de tales cuerpos y el estado de sus superficies. Mas cuando reflexionamos sobre las leyes especiales de la Naturaleza que entrañan estas propiedades especiales, las cuales difieren según la partícula de materia de que se trate, observamos que la fuerza actúa simplemente como una especie de término medio entre las leyes especiales de la Naturaleza y las leyes generales del movimiento; y que, excepto por conveniencia de expresión, puede prescindirse de él. Las leyes del movimiento pueden considerarse, en forma de ecuación, como si de un lado figurara la fuerza y del otro la razón de cambio de impulso. Las leyes especiales de la Naturaleza pueden considerarse, en forma de ecuación, como si de un lado figuraran las fuerzas y del otro las configuraciones particulares, cargas eléctricas, propiedades magnéticas, etc., de los cuerpos de que se trate. De este modo, pueden expresarse los fenómenos mediante una simple serie de ecuaciones que vinculen directamente las configuraciones, cargas, etc., con la razón de cambio de impulso, prescindiendo completamente de la fuerza. En la práctica, esto es lo que generalmente hacemos cuando obtenemos las ecuaciones finales para resolver cualquier problema particular. Refirámonos a un caso muy sencillo. La serie final de ecuaciones diferenciales correspondiente al movimiento de una partícula en una órbita central no contiene nada que represente una fuerza. Las ecuaciones establecen la relación entre la razón de cambio de impulso de la partícula, la masa, la distancia del cuerpo central que la atrae, y la constante de gravitación.

¿Por qué, entonces, nos tomamos la molestia de conservar el concepto de fuerza, y por qué las leyes de la Mecánica han sido formu-

ladas en términos de este concepto? La principal ventaja de conservar tal concepto se pone de manifiesto cuando deseamos hacer formulaciones generales. Nuestro deseo es poder formular y abordar las leyes generales del movimiento, sin hacer referencia a ninguna causa particular que produzca o modifique el movimiento. Por tanto, resulta más conveniente unificar toda causa de tal índole con el nombre común de fuerza. Además, nuestro deseo es poder formular las leyes especiales de la Naturaleza (por ejemplo, las que se refieren a la electricidad y al magnetismo), sin tener que hacer referencia al movimiento particular de un cuerpo determinado componente de un sistema determinado de otros cuerpos. Por consiguiente, resulta más conveniente utilizar el término *fuerza* para el efecto de cualquiera de tales sistemas en una partícula hipotética de unidad masa. Cuando pasamos de formulaciones generales a un problema determinado la noción de fuerza resulta inútil y desaparece. Por otra parte, muchos de los sistemas materiales que afectan los movimientos de un cuerpo causan también sensación de esfuerzo en nuestros propios cuerpos. Esa es la razón por la que la fuerza no se nos manifieste como un mero parámetro matemático, aunque ésta sea la posición que, en realidad, viene a ocupar en el examen de problemas concretos. Y, por último, cabe señalar que los sistemas materiales que afectan los movimientos de cuerpos también producen otros efectos mensurables, como el balanceo de pesos atados a cuerdas sobre poleas, o la tensión de las balanzas de resorte. Las leyes primera y segunda son, en realidad, formulaciones sobre las relaciones observadas entre estos últimos efectos de sistemas materiales y sus efectos al modificar los movimientos de cuerpos.

Hasta aquí hemos aclarado la noción de fuerza, en relación con la primera y segunda leyes tradicionales del movimiento. Pero la segunda ley entraña otro concepto, el de *masa*. Y éste es el que ahora debemos abordar. El impulso de un cuerpo es definido como el producto de su velocidad por su masa. Todo lo que en este caso necesitamos conocer sobre la velocidad es que la magnitud y la dirección de la masa deben determinarse haciendo referencia a una serie adecuada de ejes materiales, como las estrellas, y un adecuado medidor físico del tiempo, como, por ejemplo, un péndulo corriente.

En realidad, el factor masa aparece en la Mecánica tradicional en dos formas completamente distintas; y no es más que una extraña coincidencia el que los dos tipos de masa sean recíprocamente proporcionales, por lo que, efectuando una conveniente selección de unidades, las dos masas de un cuerpo tienen la misma medida. Las dos clases de masa pueden denominarse *de gravitación* y *de inercia*, respectivamente. La primera es la masa mencionada en la ley de la gravitación, y la segunda, la masa que figura en la segunda ley del movimiento. A continuación examinaremos la masa de inercia, factor que se manifiesta por igual en todo tipo de movimiento, sea éste producto de impacto, gravitación, atracción eléctrica o magnética, o de cualquier otra causa. Comenzaremos, pues, como hicimos en el caso de la fuerza, por los imperfectos datos que nos proporcionan los sentidos para considerar después cuál de sus características constituye la base del concep-

to científico de masa de inercia. Si tomamos dos cuerpos que sean, desde el punto de vista geométrico, exactamente iguales, como, por ejemplo, una esfera de madera y una esfera igual de platino, para hacer que se muevan a la misma velocidad relativamente a los mismos ejes y al mismo medidor de tiempo, tendremos que hacer un esfuerzo marcadamente diferente.

Ya hemos visto que, con un solo cuerpo, la esfera de madera, por ejemplo, tenemos que hacer un esfuerzo cada vez mayor cuanto más de prisa queremos que se mueva. Observamos también que el esfuerzo experimentado al tratar de mover un cuerpo depende de dos factores. Uno de éstos es la velocidad que asignamos al cuerpo; el otro es un factor que depende simplemente de la materia del propio cuerpo. Y es este último el que nos proporciona el significado fundamental de *masa de inercia*. Como siempre, los imperfectos datos proporcionados por los sentidos sólo nos permiten efectuar una medición imperfecta de la magnitud. Por consiguiente, necesitamos algún método para medir la masa, cuyos resultados coincidan, *por tanto*, con los aproximados criterios basados en el esfuerzo que experimentamos, pero que al mismo tiempo nos facilite una mayor exactitud.

Los experimentos realizados sobre el impacto de cuerpos nos proporcionan medios para medir exactamente la masa de inercia en casos favorables. Cuando dos cuerpos, B_1 y B_2, chocan entre sí podemos asignar un coeficiente numérico m_{12} a B_1 y un coeficiente m_{21} a B_2, por lo que si u_1 y u_2 equivalen a sus respectivas velocidades antes de la colisión y v_1 y v_2 a sus respectivas velocidades después de aquélla

$$m_{12}u_1 + m_{21}u_2 = m_{12}v_1 + m_{21}v_2.$$

Las conclusiones a las que hasta ahora hemos llegado son: 1) Que los dos coeficientes son independientes de las velocidades u_1 y u_2; y 2) Que para *cualquier* par de cuerpos puede hallarse un par de coeficientes de tal tipo. Mas supongamos que primero realizamos los experimentos con un par de cuerpos B_1 y B_2, y después con B_2 y un tercer cuerpo B_3. Pudiera parecer que m_{21}, coeficiente que debe atribuirse a B_2 en sus operaciones con B_1, es diferente a m_{23}, coeficiente que debe atribuirse a B_2 en sus operaciones con B_3. Ulteriores experimentos demuestran que esto *no* es así, es decir, que el coeficiente de cualquier cuerpo determinado es independiente, no sólo de su velocidad, sino también de otros cuerpos con los que obra recíprocamente. Por tanto, en el futuro podemos prescindir de coeficientes con doble sufijo, como m_{21}, y escribir sencillamente m, m_2, etc. De este modo vemos que puede atribuirse a cualquier cuerpo un coeficiente determinado, independiente de su velocidad, y que lo lleve aparejado en todas sus operaciones mecánicas con otros cuerpos. Este coeficiente es la medida y el significado científico del concepto masa de inercia. Naturalmente, coincide, en líneas generales, con la noción de masa que obtenemos de nuestra sensación de esfuerzo, pero puede ser medido con exactitud. Habiendo así definido y medido la masa de inercia de un cuerpo podemos determinar, mediante experimento, otros dos aspectos de la

misma. 1) La masa de inercia pertenece a un cuerpo, no sólo en el caso de movimientos producidos por impacto, sino en todos sus movimientos, como quiera que hayan sido producidos o modificados. 2) Tales coeficientes son magnitudes aditivas numéricas. Si llevamos a cabo experimentos con un cuerpo compuesto, integrado por otros dos más pequeños, a los que ya hemos atribuido las respectivas masas de m_1 y m_2, observaremos que a dicho cuerpo compuesto tendremos que atribuir la masa $m_1 + m_2$.

Ahora pasemos a examinar la masa de gravitación. Todos los cuerpos, cualquiera que sea su masa de inercia, caen hacia el suelo, en la misma región de la Tierra, con la misma aceleración *in vacuo*. Ahora bien, la razón de cambio del impulso de un cuerpo de masa constante es igual al producto de su masa por su aceleración, y puesto que cuerpos de diferente masa de inercia caen con la misma aceleración, de la segunda ley se desprende que sobre tales cuerpos deben ejercer fuerzas desiguales, y que dichas fuerzas deben ser proporcionales a las masas de inercia de los cuerpos. Además, si efectuamos experimentos con una delicada balanza de torsión, veremos que la atracción de un cuerpo A sobre un cuerpo B es proporcional a la masa de inercia de A. Combinando estos dos hechos llegamos a la conclusión de que la atracción de gravitación entre dos cuerpos es proporcional al producto de sus masas de inercia. Por ello, es evidente que, de no haber efectuado jamás experimentos con cuerpos en movimiento, limitándonos a realizar experimentos estáticos con balanzas, aparatos de torsión, etc., hubiésemos llegado a atribuir determinados coeficientes a cada cuerpo. También hubiésemos llegado a la conclusión de que dichos coeficientes son independientes de la velocidad, estado químico o físico, etc., del cuerpo a que fueran atribuidos, y también independientes de los demás cuerpos con los que obraran recíprocamente. Y estos coeficientes hubieran sido también aditivos. En realidad, serían proporcionales a las masas de inercia y, por tanto, con una selección adecuada de unidades, serían idénticos a éstas. Los coeficientes que requieren los fenómenos de gravitación son, en realidad, lo que entendemos por masas de gravitación; según la teoría tradicional, constituye una extraña coincidencia que las dos masas de un cuerpo sean proporcionales entre sí. La teoría de la gravitación, que está ligada a la Teoría General de la Relatividad, indica una razón por la que las masas de inercia y de gravitación de un cuerpo son idénticas.

Ahora debemos abordar la tercera ley del movimiento, la cual estipula que la acción y la reacción son iguales y contrarias. Esto no entraña nuevos conceptos, pero sí constituye una importante formulación adicional sobre el concepto de fuerza. En realidad, afirma que la fuerza de una partícula es sólo un aspecto de un fenómeno determinado que, tomado en su conjunto constituye un esfuerzo entre dos partículas. En virtud de este principio podemos tratar con los movimientos de cuerpos finitos y rígidos, los cuales giran y cambian de lugar, por lo que no pueden tratarse como partículas. La ley, según está formulada, es definida tanto por lo que se refiere a la dirección como al tiempo. La acción y la reacción entre dos partículas pueden

ser iguales y opuestas, pero pueden formar cualquier ángulo con la línea que las une. A veces se supone que la ley exige que la dirección de las dos fuerzas corresponda con la línea que une las partículas. Mas esto no es así, y la ley sería falsa si fijara tal criterio. Dos electrones en movimiento ejercen fuerzas iguales y opuestas el uno sobre el otro, pero la dirección de estas fuerzas no coincide con la línea que une a los dos electrones. En realidad, la cuestión relativa a la dirección de las dos fuerzas iguales y opuestas es asunto de las leyes especiales de la Naturaleza, como, por ejemplo, la gravitación, electricidad, magnetismo, etc., y no de las leyes generales del movimiento. Además, a menudo se supone que la acción y la reacción son siempre contemporáneas. Si la ley afirmara esto sería evidentemente falsa, a menos que la completásemos con supuestas partículas de éter y una teoría mecánica sobre los esfuerzos entre ellas. Cuando un rayo de luz procedente del Sol choca con cualquier superficie situada sobre la Tierra, aquél produce una presión determinada sobre dicha superficie. Si hay alguna reacción por parte de la Tierra, en primer lugar se producirá sobre la superficie del éter próximo a la Tierra, y no será nuevamente transmitida al Sol en menos tiempo que tarda la luz en recorrer la distancia entre los dos. Por consiguiente, si nos limitamos al caso de la Tierra y el Sol, la acción y la reacción no serán contemporáneas, por lo que se refiere a la presión-luz.

Así, pues, hemos abordado las dos primeras leyes del movimiento respecto a movimientos relativos a las estrellas y a un medidor de tiempo «standard», como es un péndulo corriente. Es conveniente señalar que, aparte de la tercera ley, esta restricción a una serie determinada de ejes y a una determinada medida física de tiempo puede suprimirse, siempre que introduzcamos nuevas fuerzas adecuadas en cada nuevo sistema de coordenadas. Ilustraré esto con dos ejemplos:

1) Supongamos que una partícula permanece inmóvil sobre un plano respecto a un sistema de coordenadas newtoniano, es decir, respecto a ejes y medidor de tiempo como los que hasta ahora hemos utilizado. Supongamos que sobre este plano hay una rueda y que tomamos dos rayos recíprocamente normales de dicha rueda como nuestros ejes X e Y, respectivamente. Mientras la rueda permanece inmóvil estos dos rayos y la línea que atraviesa el centro de la rueda constituyen una serie de ejes newtoniana; y la partícula permanece inmóvil respecto a ellos. Por tanto, la partícula no está bajo la acción de fuerza newtoniana alguna. Supongamos ahora que hacemos girar la rueda a una velocidad angular uniforme w sobre su propio plano y que seguimos considerando los dos rayos de la rueda como nuestros ejes y el reloj como nuestro medidor de tiempo. El sistema de coordenadas resultante no es, naturalmente, newtoniano, ya que no se encuentra ni inmóvil ni está en movimiento rectilíneo uniforme respecto a las estrellas. Relativamente a este nuevo sistema, la partícula describe un círculo en el plano X-Y a una velocidad angular rectilínea w. Por consiguiente, tiene una aceleración relativa de rw^2 hacia el punto de origen. Esto puede ser compatible con la primera y segunda leyes, si suponemos que la partícula está sometida a una fuerza de atracción

dirigida hacia el punto de origen cuya magnitud es igual a rw^2 por unidad de masa. Sobre la partícula no actúa ninguna fuerza respecto al sistema de coordenadas newtoniano, sino que sobre ella actúa una atracción de mrw^2 hacia el punto de origen, respecto al nuevo sistema de coordenadas no newtoniano. De este modo, la primera y segunda leyes han sido independizadas de una referencia especial a los sitemas de coordenadas newtonianos, partiendo de la suposición de que fuerza (como posición, velocidad, etc.) es relativa al sistema de coordenadas espacio-tiempo, utilizado para situar y computar los fenómenos en consideración.

2) Examinemos ahora un caso algo más complicado. Supongamos que la partícula en cuestión es una argolla carente de fricción que puede deslizarse a lo largo del rayo de la rueda considerado como el eje X, y que la rueda sigue girando como antes. Relativamente a los ejes newtonianos, la argolla no tiene aceleración alguna a lo largo de la dirección instantánea de este rayo. A lo largo de la dirección instantánea de la normal a ella tiene una aceleración de $2xw$. Por consiguiente, sobre ella actúa una fuerza newtoniana (la presión del rayo que la empuja por detrás) de $P = 2mxw$. ¿Cómo se mostrará esto a las personas que giran con la rueda? Relativamente a sus ejes, la partícula se moverá a lo largo del eje X con una aceleración de $\ddot{x}$, mientras que no tendrá velocidad o aceleración a lo largo del eje Y. Por consiguiente, dichas personas tendrán que decir (si desean conservar la forma de las dos primeras leyes del movimiento) que la argolla es repelida del punto de origen con una fuerza $m\ddot{x}$. Resulta fácil mostrar que la intensidad de esta última deberá ser de mxw^2, es decir, será una fuerza que variará directamente según la distancia a que se encuentre la partícula del punto de origen. Por otra parte, deberán decir que ninguna fuerza resultante actúa sobre la argolla en la dirección de su eje Y, ya que la argolla se mantiene todo el tiempo sobre el eje X. Pero si dichas personas efectuaran mediciones observarían que la presión P actúa desde el rayo a la argolla. ¿Cómo explicarán esto? Pues dirían lo siguiente: «El rayo atrae la argolla con una fuerza igual a P, y esto justamente equilibra la presión del rayo sobre la argolla». Así, al tomar una fuerza de repulsión del punto de origen, que varíe directamente con la velocidad a lo largo del rayo, podría ajustarse la forma de las dos primeras leyes con un sistema de coordenadas no newtoniano. Cierto que esta última fuerza sería de un tipo muy peculiar, ya que las partículas serían atraídas por el lado del rayo que se encontrara frente a la dirección de rotación y repelidas por el lado contrario. Podrían abordar esta cuestión sobre la base de algo parecido a una «teoría de doble fluidez».

En estos dos ejemplos nos hemos apartado sólo parcialmente de un sistema de coordenadas newtoniano. Hemos adoptado ejes no newtonianos, mas hemos conservado un reloj newtoniano. Está claro que si hubiésemos conservado ejes newtonianos y adoptado un reloj no newtoniano hubiéramos podido igualmente conservar la forma de las dos primeras leyes mediante la introducción de fuerzas no newtonianas adecuadas. Supongamos que una partícula se moviera a una velocidad

uniforme rectilínea respecto a un sistema de coordenadas newtoniano. Supongamos que posteriormente utilizamos como medidor de tiempo en vez del reloj de péndulo un tanque de agua con un agujero y consideráse mos como tiempos iguales las masas iguales de agua que salieran de dicho tanque, conservando en este caso los ejes espaciales newtonianos. De acuerdo con un reloj newtoniano, a medida que la superficie del agua desciende, menor es la velocidad con que sale el agua del tanque. Se desprende que en la última etapa del experimento la partícula avanzará más en el tiempo que tarda un litro de agua en salir del tanque que no al principio. De ahí que, respecto al nuevo medidor de tiempo no newtoniano, la partícula efectuará un movimiento rectilíneo acelerado. Si deseamos conservar la forma de las dos primeras leyes tendremos, por tanto, que introducir una fuerza no newtoniana que actúe en la dirección en que se mueve la partícula.

Ahora estará claro que puede conservarse la forma de las dos primeras leyes del movimiento, independientemente del sistema de coordenadas elegido, siempre que admitamos la relatividad (por lo menos parcial) de las fuerzas respecto a los sistemas de coordenadas. Queda por considerar más detenidamente la naturaleza de las fuerzas no newtonianas que deberán introducirse con los sistemas de coordenadas no newtonianos. Algo podemos observar inmediatamente: las atracciones y repulsiones no newtonianas que fueron introducidas al adoptar los sistemas de coordenadas no newtonianos son todas proporcionales a las masas de inercia de las partículas sobre las que actúan. Además, actúan sobre cualquier partícula considerada, independientemente de sus peculiaridades físicas o químicas, del medio en que se encuentra, etc. Esto nos recuerda irresistiblemente las atracciones de gravitación, e indica, como se lo indicó a Einstein, que la ley de la gravitación puede estar, en cierto modo, vinculada a estas fuerzas no newtonianas ligadas a los sistemas de coordenadas no newtonianos. Comparemos, por ejemplo, los dos casos de un pesado cuerpo que permanece sobre una balanza y la argolla de nuestro segundo ejemplo. El cuerpo pesado descansa sobre un sistema newtoniano, y, sin embargo, el resorte de la balanza se halla comprimido, indicando así que el resorte ha ejercido una presión hacia arriba sobre el pesado cuerpo. Decimos que esta presión debe equilibrarse mediante una tracción sobre el cuerpo hacia abajo, atribuyendo esta tracción a la gravitación de la Tierra. Exactamente en la misma forma vemos que los observadores que utilizaron la rueda giratoria como ejes espaciales tuvieron que suponer una atracción sobre la argolla y uno de los lados del rayo, para poder explicar el hecho de que la argolla no se mueve en ángulos rectos respecto al rayo, pese a la observable presión que ejerce este último sobre aquélla. Finalmente, consideremos la fuerza de repulsión desde el punto de origen, que los observadores sobre la plataforma en movimiento tendrían que suponer actuando sobre la argolla. El aspecto peculiar de esta cuestión reside en que, al parecer, no responde a la tercera ley. Existe un *campo* de fuerza al que está sujeta toda partícula cuando hace referencia a los ejes en cuestión, mas no puede afirmarse que la fuerza de una partícula esté equilibrada

por una fuerza igual y opuesta de otra partícula. Puede parecer que algunas fuerzas no newtonianas no obedecen a la tercera ley, y que las dos primeras leyes son más generales que la tercera, ya que las primeras pueden cuadrar con cualquier sistema de coordenadas, mediante la introducción de fuerzas adecuadas, mientras que la tercera ley sólo puede aplicarse universalmente en relación con fuerzas newtonianas. Esta conclusión sería, sin embargo, eludible, en teoría, mediante la introducción de masas hipotéticas ocultas, de tal manera que las fuerzas no newtonianas que se hallan en masas observables podrían considerarse, según requiere la tercera ley, como un lado de las tensiones entre dichas masas observables y aquellas hipotéticas ocultas. Por consiguiente, todas las leyes del movimiento pueden formalmente conservarse en relación con cualquier sistema de coordenadas, siempre que se parta del principio de que nuevos sistemas de coordenadas implican nuevas fuerzas, y siempre que podamos considerar aquellas masas ocultas necesarias en cada caso determinado.

Antes de terminar el capítulo trataré de exponer claramente la diferencia entre las leyes del movimiento y las leyes especiales de la Naturaleza, como la de la electricidad, magnetismo o calor. De este modo podremos ver que, desde el punto de vista tradicional, la ley de la gravitación ocupa un lugar extremadamente singular entre las dos series de leyes.

Las leyes del movimiento no persiguen el objetivo de explicarnos detalladamente cómo son producidos o modificados los movimientos. Lo único que hacen es exponernos las condiciones generales a que debe amoldarse todo movimiento, como quiera que éste sea producido. En estas leyes no se menciona la clase de materia que pueda estar en movimiento, ni su estado físico o químico en dicho momento; la única propiedad de la materia, aparte de las propiedades puramente geométricas, que aparecen en las leyes del movimiento, es la masa de inercia. Por otra parte, las leyes especiales de la Naturaleza nos exponen las diversas causas del movimiento. Estas leyes deben tener en cuenta toda clase de propiedades de los cuerpos, aparte de sus masas de inercia. Deben considerar si están cargados o no de electricidad, si están calientes o fríos, magnetizados o no magnetizados, y qué clase de medio les rodea. Pues bien; la ley de la gravitación, según el punto de vista tradicional, se parece, en cierto modo, a una ley especial de la Naturaleza, y en otro, se parece más aún a las leyes generales del movimiento. Su objetivo es exponernos una de las causas que producen y modifican el movimiento. Pero la única propiedad de la materia que se ve obligada a considerar es común a toda materia, a saber: la masa de gravitación. Y ésta muestra ser idéntica a la única propiedad considerada en las leyes del movimiento, a saber: la masa de inercia. Por consiguiente, parece existir una ligazón mucho más estrecha entre las leyes del movimiento y la ley de la gravitación que entre cualquiera de las leyes especiales de la Naturaleza y las leyes del movimiento. Además, si queremos ser fieles a la Teoría Relativa del Movimiento debemos suponer que todos los movimientos con los que debe tratar la Mecánica se producen respecto a ejes materiales.

Y puesto que toda materia atrae a toda otra materia por gravitación, desde el punto de vista tradicional, todos los cuerpos serán atraídos en menor o mayor grado por los ejes que sirven de referencia a sus movimientos. Por tanto, no parece improbable que pueda existir una estrecha relación entre las leyes del movimiento y la ley de la gravitación, y que un perfecto sistema relativo de Mecánica deba contener una teoría de la gravitación. Abordaremos los detalles referentes a esta cuestión en el capítulo siguiente, mas es de esperar que el anterior análisis de las leyes tradicionales del movimiento y la gravitación haya proporcionado al lector el correspondiente esclarecimiento para comprender y formular su opinión sobre la Teoría General de la Relatividad.

Obras adicionales que pueden ser consultadas con provecho:

B. A. W. RUSSELL, *Principles of Mathematics*, vol. I, parte VII.
E. MACH, *Science of Mechanics.*
H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse; Science et méthode; La valeur de la science.*
P. PAINLEVÉ, *Les axiomes de la Mécanique*, (París, Gauthier-Villars.).

Modificación de la Cinética tradicional (continuación). II) Teoría general de la Relatividad. Resumen de la primera parte

«What's the use of Mercator's North Poles and Equators,
Tropics, Zones, and Meridian Lines?»
So the Bellman would cry; and the crew would reply;
«They are merely conventional signs!»

«Other maps are such shapes, with their islands and capes!
But we've got our brave Captain to thank,»
(So the crew would protest), «that he's bought us the best–
A perfect and absolute blank!»

(LEWIS CARROLL, *The Hunting of the Snark.*)

En el capítulo anterior hemos examinado las leyes tradicionales del movimiento sin hacer referencia a los resultados cinemáticos de la Teoría Especial de la Relatividad, esbozados en el capítulo cuarto. Es decir, hemos combinado la Cinética tradicional con la Cinemática tradicional. Ahora debemos dar un paso más allá y mostrar que las leyes tradicionales del movimiento no son compatibles con la Cinemática modificada e incluso con la Teoría Especial de la Relatividad. Sólo entonces podremos abordar la Teoría General.

No es necesario que examinemos detalladamente la Cinética de la Teoría Especial, ya que ésta se encuentra a medio camino de la Teoría General. Por consiguiente, me limitaré a exponer un solo ejemplo para mostrar que las leyes tradicionales del movimiento no pueden concordar, sin ser antes modificadas, con la cinemática de la Teoría Especial y con el Principio Físico Restrictivo de la Relatividad.

Supongamos que dos grupos de observadores efectuaran experimentos para determinar la masa de inercia mediante el impacto de cuerpos, como la hemos descrito en el capítulo anterior. Uno de los grupos se encuentra sobre una plataforma p_1 y el otro sobre la plataforma p_2, ambas iguales a las utilizadas en el capítulo cuarto. Estas plataformas están en movimiento uniforme y rectilíneo respecto a un sistema de coordenadas newtoniano. La velocidad de la primera respecto a la segunda, según las mediciones realizadas por los observadores que se encuentran sobre esta última, es de v_{12}. Supongamos que dos cuerpos se mueven a lo largo de p_1, en la misma dirección en que p_1 se mueve relativamente a p_2. Supongamos también que sus velocidades, relativamente a p_1, y según han sido calculadas por los observadores que se encuentran sobre dicha plataforma, es de U_1 y u_1, respectvamente, antes de la colisión. Después del choque, supongamos que sus velocidades, respecto a p_1, son W_1 y w_1, respectivamente. Y, por último, supongamos que los observadores sobre p_1 atribuyen a estos cuerpos las

masas de inercia M_1 y m_1, respectivamente. Como vimos en el capítulo anterior,

$$M_1 U_1 + m_1 u_1 = M_1 W_1 + m_1 v_1. \quad (1)$$

Cada cuerpo tiene su propio coeficiente, independiente de su velocidad inicial, y el cual mantiene incluso cuando su velocidad es alterada como consecuencia de la colisión. No cabe duda de que este cálculo se aproxima mucho a la realidad cuando se trata de experimentos en condiciones corrientes; mas la cuestión reside en si esto puede ser *exactamente* justo, de acuerdo con el Principio Físico de la Relatividad y la Cinemática de la Teoría Especial.

Supongamos que todo el experimento anterior sea también verificado por los observadores sobre p_2, siendo las velocidades que ellos atribuyen a los cuerpos, relativamente a p_2, U_2, u_2 y W_2, w_2, respectivamente. El Principio Físico de la Relatividad nos indica que si la ecuación (1) expresa una ley pura de la Naturaleza, desde el punto de vista de las observaciones llevadas a cabo por las personas que se encuentran sobre p_1, las personas que se hallan sobre p_2 pueden dar con una ecuación que tenga exactamente la misma forma, desde el punto de vista de *sus* observaciones sobre los mismos fenómenos. Es decir, deberán llegar a la conclusión de que sus velocidades relativas observadas están vinculadas por la ecuación

$$M_2 U_2 + m_2 u_2 = M_2 W_2 + m_2 w_2. \quad (2)$$

En esta ecuación, M_2 y m_2 deberán ser independientes de las velocidades de los cuerpos, pues, como es natural, la forma de la ley ***no*** será la misma para ambos grupos de observadores, ya que en el primer caso los coeficientes son constantes y en el segundo son funciones de la velocidad del cuerpo.

Ahora resulta fácil ver que cualquier cosa semejante es incompatible con la cinemática de la Teoría Especial de la Relatividad. Si el lector examina de nuevo la ecuación (3) del capítulo cuarto podrá ver que

$$U_2 = \frac{U_1 - v_{21}}{I - \frac{U_1 v_{21}}{c^2}},$$

con ecuaciones similares, *mutatis mutandis*, para u_2, W_2 y w_2. Es evidente que si estos valores son sustituidos en la ecuación (2) obtendremos un resultado incompatible con la ecuación (1), partiendo de la suposición de que las masas son independientes de las velocidades. De ello se desprende que la opinión tradicional según la cual la masa es independiente de la velocidad no puede concordar con el Principio Físico de que las leyes puras de la Naturaleza tienen la misma forma para todos los observadores que están en movimiento relativo, uniforme y rectilíneo, ni con la cinemática de la Teoría Especial de la Relatividad. Salta, pues, a la vista la necesidad de una modificación. Denominemos $M_{1,U}$ la masa que debe atribuirse a un cuerpo que se

mueve a una velocidad U_1, relativamente al sistema de coordenadas newtoniano p_1. Pongamos

$$M_{1,\,U} = \frac{M_0}{\sqrt{1 - \frac{U_1^2}{c^2}}} = K_{1,\,U}\, M_0, \quad M_{1,\,w} = \frac{M_0}{\sqrt{1 - \frac{W_1^2}{c_2}}} = K_{1,\,w}\, M_0\,;$$

y

$$m_{1,} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{u_1^2}{c^2}}} = k_{1,\,u}\, m_0, \quad m_{1,\,w} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{w_1^2}{c^2}}} = k_{1,\,w}\, m_0, \tag{3}$$

donde M_0 y m_0 son independientes de la velocidad. Veamos ahora si la ecuación

$$M_{1,\,U}\, U_1 + m_{1,\,u}\, u_1 = M_{1,\,w}\, W_1 + m_{1,\,w}\, w_1 \tag{4}$$

expresa una posible ley de la Naturaleza que concuerde con el Principio Físico de la Relatividad y la cinemática de la Teoría Especial. En caso afirmativo tendremos que llegar a la conclusión de que las velocidades U_2, etc., que los observadores sobre p_2 atribuyen a los cuerpos en consideración, están vinculadas entre sí por la ecuación

$$M_{2,\,U}U_2 + m_{2,\,u}\, u_2 = M_{2,\,w}W_2 + m_{2,\,w}w_2. \tag{5}$$

Utilizando la ecuación transformable para las velocidades relativas, y con un poco de fastidiosa, aunque sencilla álgebra, el lector podrá comprobar él mismo que esto es así, con una condición. Esta condición es que la masa *total* del sistema en la dirección del movimiento no sufra alteración por la colisión, es decir, que

$$M_{1,\,U} + m_{1,\,u} = M_{1,\,w} + m_{1,\,w}. \tag{6}$$

Desde el punto de vista tradicional, esto es, naturalmente, una mera proposición analítica, pues, en parte, tal punto de vista estipula que la masa de *cada* cuerpo es una constante absoluta. Partiendo del presente criterio sobre masa, constituye una suposición adicional. La ley, formulada mediante la combinación de (4) y (6) con las definiciones incluidas en (3), es, en realidad, una ley lícita de la Naturaleza, mientras que la ley tradicional incluida en (1) no lo es. Lo suposición (6) es equivalente, en un elevado grado de aproximación, a la suposición de que la energía cinética total del sistema no sufre alteración alguna por la colición, ya que

$$M_{1,\,U} = \frac{M_0}{\sqrt{1 - \frac{U_1^2}{c^2}}} = M_0 + \frac{1}{2}\frac{M_0 U_1^2}{c^2} \text{ casi exactamente.}$$

De donde (6) se reduce prácticamente a

$$\frac{1}{2} M_0 U_1^2 + \frac{1}{2} m_0 u_1^2 = \frac{1}{2} M_0 W_1^2 + \frac{1}{2} m_0 w_1^2. \tag{7}$$

Así, pues, la tentativa de expresar las leyes de la Mecánica en una forma que no concuerda con la cinemática de la Teoría Especial de

la Relatividad conduce a una conexión entre los tres principios de la Conservación del Impulso, de la Masa y de la Energía, la cual no era evidente según el punto de vista tradicional.

El concepto modificado de masa, requerido por la Teoría Especial de la Relatividad, difiere tan poco en magnitud del que entraña el punto de vista tradicional, para todas las velocidades corrientes, que resulta razonable suponer que las leyes modificadas no son meramente lícitas en forma, sino también exactas en substancia. Además, las leyes modificadas coinciden con las observaciones sobre los movimientos de electrones disparados a velocidades enormes en tubos termiónicos; en cambio, es imposible hacer que coincida la forma tradicional de la ley con estos resultados, si no es con la ayuda de hipótesis *físicas* suplementarias sobre las cargas, formas, etc., de las partículas.

La Teoría General de la Relatividad

Basta, pues, lo expuesto para mostrar que la Cinética tradicional debe ser modificada en cuanto se prescinde de la Cinemática tradicional, sustituyéndola por la Teoría Especial de la Relatividad. Y, como he tratado de mostrar en el capítulo cuarto, los resultados negativos del experimento Michelson-Morley y de otros experimentos ponen en evidencia la necesidad de efectuar *por lo menos* esta sustitución. La cuestión no estriba ahora en saber si llegaremos hasta ahí, sino en saber si debemos ir aún más allá. Iniciemos el examen del asunto en cuestión: ¿En qué forma es *especial* la Teoría Especial de la Relatividad?

La respuesta a esta pregunta es evidente. Al abordar la Teoría Especial de la Relatividad nos limitamos explícitamente a sistemas de referencia newtonianos. En primer lugar, en nuestras transformaciones cinemáticas partimos de la suposición de que las dos plataformas, p_1 y p_2, estaban en movimiento relativo, *uniforme y rectilíneo*. No examinamos en absoluto el caso de p_2 girando respecto a p_1 o en movimiento rectilíneo, aunque acelerado, respecto a p_1. Mas esto no es todo. Si uno de los sistemas es newtoniano y otro se mueve de manera uniforme y rectilínea respecto al primero, el segundo será también newtoniano. Pero la proposición inversa no es cierta. Puede haber dos plataformas que estén en movimiento uniforme y rectilíneo, sin que ninguna de ellas tenga que ser, por tal razón, newtoniana. Por ejemplo, si sus relojes no fueran newtonianos (tanques de agua, como en el ejemplo citado anteriormente), estas dos plataformas tendrían movimientos rectilíneos acelerados en un sistema newtoniano y, por tanto, ninguna de ellas sería una serie de eje newtonianos. Además, supongamos que p_1 y p_2 estuvieran enganchadas, a diferentes distancias, desde el centro al mismo rayo de una rueda que girara de manera uniforme en un sistema newtoniano. Entre ellas no habría movimiento relativo, pero ninguna de ellas constituiría ejes newtonianos; y esto no sólo restringe las transformaciones a movimiento relativo, uniforme y rectilíneo, sino que impone una condición más, en virtud de la cual por lo menos uno de los sistemas de ejes se sabe que es newtoniano.

¿Cómo se manifiesta esta limitación? El hecho fundamental en que se basan las transformaciones cinemáticas de la Teoría Especial es que la luz hace un recorrido a la misma velocidad y en línea recta, relativamente a todos los observadores, aunque éstos estén en movimiento recíprocamente relativo. Es, por tanto, natural que si los observadores hubieran escogido los rayos de una rueda como sus ejes no hubieran llegado a averiguar que la luz hace un recorrido en líneas rectas respecto a ellos. Y si hubieran tomado como medidor de tiempo cualquier proceso que no fuera isócrono, en comparación con un reloj newtoniano, no hubieran averiguado que la velocidad de la luz es uniforme, aun habiendo utilizado las estrellas como sus ejes. Así, pues, un sistema de coordenadas newtoniano puede definirse de las dos formas alternativas siguientes: 1) Consiste en una serie de ejes y un medidor de tiempo físico respecto al cual la luz hace un recorrido, en un medio homogéneo, a una velocidad uniforme rectilínea. O 2) Consiste en una serie de ejes y un medidor de tiempo respecto al cual una partícula, no sometida a ninguna fuerza, permanece inmóvil o se mueve de manera uniforme en línea recta. Teniendo en cuenta la universalidad de la gravitación, la segunda alternativa no puede ser literalmente aplicada. También veremos más adelante que la misma razón hace que la primera alternativa no sea exactamente justa respecto a cualquier sistema natural. Por consiguiente, un sistema newtoniano más bien es un límite fijado en las ideas que un hecho real. No obstante, el sistema en que las estrellas forman los ejes y un reloj adecuadamente montado y regulado constituye el medidor de tiempo es aproximadamente newtoniano para todos los experimentos que podamos efectuar. Las ecuaciones transformables de la Teoría Especial nos permiten pasar del lugar y tiempo de cualquier acontecimiento situado en cualquier sistema de este tipo a su lugar y tiempo en cualquier otro sistema del mismo tipo. Pero no nos proporcionan ningún dato sobre su lugar y tiempo en un sistema que no sea newtoniano; y ningún sistema puede ser newtoniano a menos que sus ejes estén o bien inmóviles o bien se muevan a una velocidad uniforme rectilínea, según lo registre un reloj newtoniano, relativamente a ejes newtonianos. Además, el Principio Físico Restrictivo de la Relatividad sólo estipula que los observadores situados sobre diferentes sistemas newtonianos hallarán todos ellos leyes de forma idéntica para los mismos fenómenos naturales; no afirma que un observador que se encuentre sobre un sistema no newtoniano no encontrará diferencia alguna en la forma de las leyes que vinculan entre sí las magnitudes que él mismo mide al observar un fenómeno natural determinado.

El problema estriba en si se puede suprimir, y en qué medida, esta restricción a un grupo determinado de sistemas de coordenadas. Resulta fácil exponer en términos generales la *clase* de problema ante el que nos encontramos. Por una parte, podemos llegar a las leyes de la Naturaleza sin efectuar más que mediciones de diversas magnitudes observables y averiguando las correlaciones funcionales que existen entre ellas. Y esto sólo podemos realizarlo relacionando todos los acon-

tecimientos de la Naturaleza con un sistema de coordenadas espacio-tiempo de alguna clase, en el que cada acontecimiento ocupe un lugar y tiempo determinados. Son innumerables los sistemas de coordenadas que podrían utilizarse para computar y situar los acontecimientos de la Naturaleza. Por otra parte, existen probablemente leyes de la Naturaleza que son absolutas e independientes de cualquier sistema particular de coordenadas. Las leyes descubiertas por observadores que utilizaron un sistema de coordenadas determinado serán transcripciones de estas relaciones absolutas, en términos de aquel sistema particular. Por tanto, podemos suponer que en parte dependerán de las relaciones absolutas de la Naturaleza y en parte del sistema particular utilizado por dichos observadores. Así, pues, sería razonable suponer que, al confrontar las leyes descubiertas por observadores que examinan el mismo fenómeno utilizando todo tipo de sistemas de coordenadas, podremos extraer cierto tipo de «semilla» que ocuparía una posición neutral entre todos ellos. Esta semilla sería la ley absoluta del fenómeno en cuestión, y esto es precisamente lo que la Teoría General de la Relatividad trata de extraer.

Expondré algunos ejemplos de diversa índole a fin de que el lector pueda comprender mejor la idea.

1) Supongamos que la Sociedad de Naciones tuviera que establecer ciertos reglamentos generales sobre navegación, obligatorios para todos los miembros de la Sociedad. Estos reglamentos tendrían que traducirse al inglés, francés, italiano (y pronto, es de esperar, al alemán y al ruso). Todas estas traducciones aparecerían muy diferentes y sería imposible expresar los reglamentos sin *algún* símbolo u otro, hasta que la telepatía se haga más corriente de lo que es hasta ahora. Sin embargo, habría algo, o sea, el contenido de los reglamentos, que sería independiente de *cualquier* idioma *particular* u otro sistema de símbolos en los que tuvieran que expresarse.

2) El siguiente ejemplo puede ser útil a las personas que tienen unos conocimientos elementales de Matemáticas. Una propiedad intrínseca muy sencilla de los triángulos consiste en que las bisectrices de sus tres ángulos coinciden en un punto. Si deseamos demostrar esto mediante Geometría analítica tendremos que escoger algún grupo de coordenadas, que podrán ser o bien cartesianos rectangulares o cartesianos oblicuos o polares. En todo caso, obtendremos ecuaciones extremadamente complicadas según las coordenadas que atribuyamos a los tres ángulos del triángulo. Y estas ecuaciones se diferenciarán según el sistema de coordenadas que hayamos utilizado como referencia. No obstante, todas ellas expresarán el mismo hecho, intrínseco al triángulo en sí y completamente independiente de cualquier grupo de coordenadas.

Ahora bien, según el punto de vista tradicional, la distancia entre dos acontecimientos y el intervalo de tiempo entre ellos son dos hechos distintos. Es cierto que, según este punto de vista, las distancias medidas entre acontecimientos no contemporáneos serán diferentes para los observadores que se encuentren en movimiento uniforme y rectilíneo entre sí. Pero se supone que sus tiempos serán los mismos sobre

la base de sistemas newtonianos, e independientes de la distancia entre los acontecimientos. Pues bien, la Teoría Especial muestra que esto no es así, incluso cuando nos limitamos a sistemas newtonianos. Ya hemos visto que los observadores situados sobre plataformas en movimiento relativo, uniforme y rectilíneo, no atribuirán el mismo intervalo de tiempo al mismo par de acontecimientos; y que si dichos acontecimientos se hallan separados en el espacio el intervalo de tiempo que les atribuyen los observadores que se mueven relativamente a ellos dependerá de la distancia que les separa de los mismos. Por consiguiente, la distancia y el intervalo de tiempo medidos entre acontecimientos están mezclados entre sí y en parte dependen del sistema de coordenadas, incluso cuando nos limitamos a sistemas newtonianos. ¿Existe algo relacionado con la separación de espacio y tiempo que tenga la misma medida en todos los sistemas newtonianos? Existe, como puede mostrarse fácilmente. Supongamos que dos acontecimientos adyacentes tienen respectivamente las coordenadas y tiempos x_1, y_1, z_1, t_1, y x_1+dx_1, y_1+dy_1, z_1+dz_1, y t_1+dt_1 respecto al sistema newtoniano p_1. Supongamos también que tienen las letras correspondientes con un sufijo 2 en lugar de 1, respecto al sistema p_2 que se mueve relativamente a p_1 en la dirección x a una velocidad uniforme v_{21}. Se desprende inmediatamente de las ecuaciones transformables del capítulo cuarto que

$$dx_2 = k_{21}\,(dx_1 - v_{21}dt_1)$$

$$\text{y } dt_2 = k_{21}\left(dt_1 - \frac{v_{21}}{c^2}\,dx_1\right).$$

De donde

$$dx_2{}^2 - c_2dt_2{}^2 = k_{21}{}^2\left\{dx_1{}^2\left(1 - \frac{v_{21}{}^2}{c^2}\right) - c^2dt_1{}^2\left(1 - \frac{v_{21}{}^2}{c^2}\right)\right\} = dx_1{}^2 - c^2dt_1{}^2,$$

ya que por definición

$$k_{21} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_{21}{}^2}{c^2}}}$$

Así vemos que $dy_1{}^2 = dy_1{}^2 = dz_1{}^2 = dz_2{}^2$, puesto que en estas direcciones no hay movimiento relativo. Por tanto, finalmente,

$$dx_1{}^2 + dy_1{}^2 + dz_1{}^2 - c^2dt_1{}^2 = dx_2{}^2 + dy_2{}^2 + dz_2{}^2 - c^2dt_2{}^2. \qquad (8)$$

Aquí nos encontramos con una magnitud, relacionada con un par de acontecimientos, que tiene la misma medida numérica respecto a todos los sistemas newtonianos. Por razones que explicaremos más adelante tomaremos esta magnitud con su signo inverso. La denominaremos el cuadrado de la separación espacio-tiempo de ambos acontecimientos, denotándola dy^2. El cuadrado de la separación *espacial* es, naturalmente, $dx_1{}^2+dy_1{}^2+dz_1{}^2$, en uno de los sistemas, y $dx_2{}^2+dy_2{}^2+dz_2{}^2$ en el otro. La separación de *tiempo* es dt_1, en uno de los sistemas, y dt_2 en el otro. Está claro que la separación espacio-tiempo pretende representar algo intrínseco a un par de acontecimientos y neutral en-

tre diferentes sistemas de coordenadas, cosa que es imposible tanto respecto a la separación espacial como de tiempo. No obstante, es invariante y neutral entre todos los sistemas newtonianos, mientras que las otras dos no son invariantes o neutrales, incluso con esta restricción.

Puede constatarse que si los dos acontecimientos son la ocupación sucesiva de dos lugares adyacentes por algo que hace un recorrido a una velocidad u_1, respecto a uno de los sistemas, y a la velocidad u_2 respecto al otro, la separación espacio-tiempo tendrá la forma

$$d\sigma^2 = (c^2 - u_1^2)dt_1^2 = (c^2 - u_1^2)\, dt_2^2.$$

Si lo que hace el recorrido es la luz o cualquier otra perturbación electromagnética, $u_1 = u_2 = c$. Por lo que $d\sigma^2 = 0$. Es decir, la separación espacio-tiempo entre dos acontecimientos que equivalen a la llegada sucesiva de una onda de luz a dos lugares adyacentes es cero, aunque, naturalmente, tanto la separación espacial como de tiempo de los dos acontecimientos es finita. Esto explica la razón por la que tomamos la expresión con su signo inverso. Nuestro deseo es que el cuadrado de la separación sea siempre positivo para los acontecimientos sucesivos que constituyen cualquier verdadero movimiento. Al utilizar tal signo, el resultado será siempre el apetecido, siempre que lo que se mueva no lo haga a una velocidad superior a la de la luz. Con el otro signo, el cuadrado de la separación sería siempre negativo para todo aquello que se moviera a una velocidad inferior a la de la luz. Mas no conocemos nada que se mueva a una velocidad superior a la de la luz, y son innumerables las cosas que lo hacen más despacio que aquélla. De ahí que nuestro convencionalismo respecto al signo esté justificado.

Este concepto de la separación espacio-tiempo es fundamental para la Teoría General de la Relatividad. Consideramos como una hipótesis que esta separación constituye una relación intrínseca entre un par de acontecimientos, la cual no tiene nada que ver con los sistemas de coordenadas, aunque, naturalmente, siempre la hallaremos y mediremos en términos del sistema particular que utilicemos a fin de situar y computar los acontecimientos de la Naturaleza. Si se preguntara en qué se basa tal hipótesis, creo que tendríamos que comenzar por distinguir entre lo que la sugiere y lo que la justifica. Lo que la sugiere es la invariabilidad de esta magnitud medida respecto a todos los sistemas newtonianos. Mas, si debe ser justificada, esto deberá efectuarse del modo corriente, elaborando las consecuencias de la hipótesis y viendo si coinciden con los hechos experimentales.

Hemos visto, pues, qué forma adquiere la separación espacio-tiempo cuando ésta se expresa en términos de coordenadas y relojes newtonianos. No obstante, vale la pena mencionar explícitamente, antes de seguir más adelante, las importantes características de esta expresión. 1) Es homogénea y de segundo grado en las cuatro variables que comporta. 2) Los coeficientes de las variables son todos constantes. En realidad, haciendo una selección adecuada de unidades, todos ellos podrían reducirse a la unidad. Cuando se mide la distancia en centí-

metros y el intervalo de tiempo en segundos la luz tiene una velocidad c, y el factor tiempo debe multiplicarse por esta constante. Pero si utilizamos como unidad de tiempo no el segundo, sino $\frac{1}{c}$ de un segundo, la velocidad de la luz equivaldría a la unidad. Nosotros elegimos las unidades de espacio y las unidades de tiempo de manera completamente independiente, en los casos en que no parecía existir una conexión fundamental entre estos dos factores de la Naturaleza. De este modo escogimos una unidad de tiempo muy grande en comparación con la unidad de espacio; y ésa es la única razón por la que la gran constante c aparece en la expresión de separación espacio-tiempo. 3) El último punto de importancia a señalar en este aspecto es que en la expresión de separación espacio-tiempo el coeficiente de la variable-tiempo tiene un signo opuesto al de la variable-espacio. Esto revela el hecho de que, en última instancia, existe una diferencia radical entre el factor espacio y el factor tiempo, a pesar de las estrechas relaciones que mantienen entre sí, y a pesar de que ambos son, hasta cierto punto, intercambiables.

Ahora podemos comprender que la expresión de separación espacio-tiempo, desde el punto de vista de coordenadas y relojes componentes de sistemas no newtonianos, puede ser muy diferente de la expresión de este mismo fenómeno fundamental considerada desde el punto de vista de un sistema newtoniano. Ilustraremos esto mediante un sencillo ejemplo de Geometría. Partiendo del punto de vista tradicional sobre Espacio y Tiempo, la distancia entre dos puntos es una relación intrínseca entre ambos, y es totalmente independiente del sistema de coordenadas a los que referimos los puntos. Supongamos, en primer lugar, que son referidos a una serie de coordenadas cartesianas rectangulares C_1. Supongamos también que en este sistema sus coordenadas x sean x_1 y x_1+dx_1, respectivamente, con expresiones similares para sus coordenadas y y z. Así, pues, la expresión para el cuadrado de la distancia que separa los puntos será

$$dx_1^2 + dy_1^2 + dz_1^2.$$

Refirámonos ahora a otro sistema cartesiano rectangular C_2. Este puede consistir en un sistema original entrelazado en un cuerpo rígido alrededor de su origen, como, por ejemplo, tres bordes de una caja de galletas unidos en una de las esquinas. Supongamos que las coordenadas de los puntos respecto a este sistema son x_2 y dx_2, etc., respectivamente. La expresión del cuadrado de la distancia que separa los dos puntos en las nuevas coordenadas será

$$dx_2^2 + dy_2^2 + dz/_2^2.$$

Esta tiene la misma forma y la misma magnitud que la anterior y es exactamente igual a la invariabilidad de la expresión separación espacio-tiempo de dos *acontecimientos* respecto a dos *sistemas* newtonianos.

Supongamos ahora que en lugar de referir los dos puntos a coor-

denadas cartesianas los refiriésemos a polares. Llamemos a este sistema P_3. Supongamos que las coordenadas de los dos puntos en este sistema son r_3, θ_3, ϕ_3 y $r_3 + dr_3$, $\theta_3 + d\theta_3$, $\phi_3 + d\phi_3$, respectivamente. El cuadrado de la distancia que los separa podrá ahora expresarse mediante la fórmula

$$dr_3^2 + r_3^2 d\theta_3^2 + r_3^2 \sin^2 \theta_3 d\phi_3^2.$$

Puede observarse que esta expresión comporta una analogía y una diferencia muy importantes respecto a la expresión en términos de cartesianos. Se parece a esta última en que sigue siendo una función homogénea de segundo grado en términos de los tres diferenciales. Su diferencia radica en que no todos estos diferenciales siguen teniendo coeficientes constantes, sino que ahora contienen funciones de las propias coordenadas.

Ahora bien, del mismo modo que el paso de coordenadas cartesianas a coordenadas polares marca esta diferencia en la expresión de la distancia que existe entre dos puntos, desde el punto de vista geométrico, es de esperar que el paso de un sistema de coordenadas newtoniano a otro marque una diferencia similar en la expresión separación espacio-tiempo entre dos acontecimientos. La expresión seguirá probablemente siendo homogénea y de segundo grado en términos de los diferenciales de las coordenadas no newtonianas, pero tales diferenciales no tendrán ya coeficientes constantes.

Antes de seguir adelante examinemos un sencillo ejemplo de Geometría. Limitémonos a considerar puntos sobre una superficie y supongamos, en primer lugar, que esta superficie es una esfera. Supondremos que las personas que se encuentran sobre la superficie de la esfera tratan de encontrar una expresión para la distancia que separa dos puntos adyacentes, según las mediciones efectuadas sobre la superficie de aquélla. Esta distancia será, naturalmente, la parte del círculo máximo que atraviese los dos puntos y que esté incluida entre ellos. La superficie de la esfera podría delinearse en una red de coordenadas utilizando innumerables formas diferentes. Podríamos fijar la posición de un punto mediante paralelos de latitud y meridianos de longitud, como figura en los atlas. O podríamos también fijarlo tomando un punto de origen sobre el ecuador y marcando un círculo máximo desde dicho punto hasta el punto en cuestión, advirtiendo la longitud de este arco y el ángulo que forma con el ecuador. También podemos considerar el ecuador y cualquier meridiano de longitud como un par de ejes recíprocamente normales y determinar la posición de un punto mediante los arcos de los dos círculos máximos que lo atraviesan y son recíprocamente normales respecto al ecuador y al meridiano, respectivamente. Este último sistema de coordenadas sería análogo a los cartesianos sobre un plano, y el anterior será análogo a polares planos. Mas llegaríamos a la conclusión de que para fijar un punto son siempre necesarias dos variables independientes. Observaríamos también que la distancia entre cualquier par de puntos adyacentes sobre la esfera, según las mediciones efectuadas sobre la superficie de la misma, equivale siempre a una función cuadrática

homogénea de las pequeñas diferencias entre sus correspondientes coordenadas de cualquier sistema. Hasta ahora existe una completa analogía con un plano; pero más adelante nos encontraremos ante la siguiente diferencia fundamental. Como hemos visto anteriormente, en el plano, o en el espacio de tres dimensiones, siempre podemos encontrar un sistema de coordenadas, o sea, un sistema cartesiano, en cuyos términos la expresión de distancia no entraña más que coeficientes constantes (los cuales siempre pueden reducirse a la unidad al efectuar una selección adecuada de nuestras unidades). En el caso de la esfera vemos que resulta *imposible* elegir ningún sistema de coordenadas para toda la superficie, en términos del cual la expresión de distancia no entrañe nada más que coeficientes constantes. Siempre podemos comprobar que uno o ambos diferenciales es multiplicado por una función de las coordenadas.

Es ésta, pues, una diferencia intrínseca entre esferas y planos, la cual está relacionada con el hecho de que una esfera no puede transformarse en un plano sin ser forzada, cosa que puede llevarse a cabo con un bote de lata cónico. Así vemos que existen por lo menos dos clases intrínsecamente diferentes de superficies. En ambas la expresión de la distancia medida entre dos puntos a lo largo de la superficie entrañará coeficientes no constantes al formularse en términos de *algún* sistema de coordenadas sobre la superficie. Pero con una clase de superficie esto será así no sólo al formularse en términos de *algún* sistema de coordenadas, sino de *todos los posibles* sistemas de coordenadas sobre la superficie. Y, con la otra clase de superficie, será posible encontrar un sistema de coordenadas sobre aquella en cuyos términos la expresión de distancia entre dos puntos adyacentes no entrañe coeficientes sino constantes.

Dejemos ahora los puntos y las superficies de la Geometría pura y apliquemos nuestros resultados a los acontecimientos de la Naturaleza y a sus separaciones espacio-tiempo. Del mismo modo que las superficies pueden ser de dos clases intrínsecamente diferentes, la Naturaleza como conjunto de acontecimientos puede, teóricamente, ser de una clase u otra. Puede tener una estructura intrínseca que pueda hallarse siempre un sistema, o sea, un sistema newtoniano, respecto al cual la separación espacio-tiempo de cualquier par de acontecimientos adquiere la forma

$$c^2dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2.$$

Por otra parte, la Naturaleza puede tener, como la esfera en Geometría, una estructura intrínseca que *no* pueda hallarse sistema alguno respecto al cual la separación espacio-tiempo entrañe sólo coeficientes constantes. Por tanto, la expresión cuadrática homogénea más general para la separación espacio-tiempo de un par de acontecimientos adyacentes en términos de cualquier sistema tendrá, naturalmente, la forma

$$g_{11}d\theta_1{}^2 + g_{22}d\theta_2{}^2 + t_{33}d\theta_3{}^2 + g_{44}dt^2 + g_{12}d\theta_1 d\theta_2 + g_{13}d\theta_1 d\theta_3 + g_{14}d\theta_1 dt + g_{23}d\theta_2 d\theta_3 + g_{24}d\theta_2 dt + g_{34}d\theta_3 dt, \qquad (9)$$

donde θ_1, θ_2 y θ_3 son los parámetros espaciales y t el parámetro de tiempo que tiene uno de los acontecimientos respecto a los ejes espaciales y los relojes de este sistema. Las g equivalen a cualquier función de estas cuatro variables. Luego, si es posible encontrar un sistema respecto al cual la separación espacio-tiempo adquiera una forma newtoniana, estas g no pueden ser simplemente cualquier función. La reducción a una forma newtoniana impone a las g ciertas condiciones de tipo muy general. Puede mostrarse que es posible encontrar un sistema respecto al cual la separación espacio-tiempo adquiera una forma que entraña coeficientes constantes, siempre y cuando las g sean de tal tipo que desaparezca una de sus funciones más complicadas, llamada *Tensor Riemann-Christoffel.* Afirmar que desaparece el Tensor Riemann-Christoffel equivale, por tanto, a decir que la Naturaleza, como sistema de acontecimientos relacionados entre sí, tiene cierta estructura intrínseca, formalmente análoga a la del plano en el espacio euclidiano y formalmente distinta a la de la superficie de una esfera en un espacio euclidiano.

La siguiente cuestión que debemos considerar es la de los significados dinámicos de los diversos conceptos que hemos expuesto y discutido. Nos encontramos, pues, ante dos problemas. El primero es independiente del punto de vista que adoptamos respecto a las dos posibles estructuras intrínsecas de la Naturaleza. Esto conduce a una generalización de la primera ley del movimiento, de forma que se vuelve independiente de cualquier sistema particular de coordenadas. El segundo depende de qué alternativa nos obligan los hechos a escoger respecto a la estructura intrínseca de la Naturaleza. Esto conduce a una generalización de la ley de la gravitación. Examinémoslos, pues, por orden.

1) Según la primera ley de Newton sobre el movimiento, una partícula que no se encuentre bajo la acción de ninguna fuerza en un sistema newtoniano o bien permanece inmóvil o se mueve a una velocidad uniforme y rectilínea en dicho sistema. Consideremos dos acontecimientos en la historia de dicha partícula cuando ésta está en movimiento. Uno de ellos se produce en el punto x_A, y_A, z_A, en los ejes del sistema en el momento t_A, según lo registra el reloj —A del sistema. El otro se produce en el punto x_B, y_B, z_B, en los mismos ejes cuando el reloj —B marca t_A. Puesto que la partícula no se halla bajo la acción de fuerza newtoniana alguna se habrá movido en línea recta entre estos dos puntos y a una velocidad uniforme. Analicemos la separación *total* espacio-tiempo entre estos dos acontecimientos. Con esto queremos decir la suma de todas las separaciones infinitésimas espacio-tiempo entre acontecimientos sucesivos y estrechamente adyacentes, en la historia de la partícula, que se encuentren entre el primero y el segundo acontecimiento en consideración. Fácilmente podemos mostrar que cuando la partícula se mueve de manera uniforme y en línea recta esta separación total tiene un valor fijo. Es decir, que puede ser mayor o menor para todas las formas alternativas en que se traslada de un lugar a otro en un tiempo dado. En realidad,

el verdadero recorrido es el que hace que la separación total espacio-tiempo sea máxima. Si la partícula hiciera otro recorrido o se moviera a una velocidad no uniforme la separación total espacio-tiempo sería menor que cuando se mueve de manera uniforme y en línea recta.

Luego el hecho de que la separación total entre acontecimientos remotos en la historia de esta partícula sea máxima constituye un hecho *intrínseco* sobre la historia de dicha partícula. No depende en caso alguno del sistema de coordenadas utilizado para situar y computar los acontecimientos. Así, pues, hemos averiguado algo sobre el movimiento de la partícula que es independiente de los sistemas de coordenadas. Ahora refiramos la partícula a cualquier otro sistema. Las características del nuevo sistema están totalmente resumidas en las diez *g* que figuran en la fórmula para la separación espacio-tiempo de dos acontecimientos adyacentes en términos de los parámetros espaciales y de tiempo de dicho sistema. Por consiguiente, tenemos simplemente que expresar el hecho de que el integral de la fórmula (9) tiene un valor fijo para el recorrido que en realidad hace la partícula respecto a dicho sistema. Esto puede efectuarse fácilmente mediante el Cálculo de Variaciones. El resultado es una serie de cuatro ecuaciones diferenciales de segundo grado. Estas son las ecuaciones del movimiento, *en cualquier sistema*, de una partícula que se encuentre bajo la acción de la inercia en un sistema newtoniano.

Pues bien, como hemos visto en el capítulo anterior, el cambio de un sistema de coordenadas newtoniano a otro no newtoniano implica la introducción de fuerzas no newtonianas. Estas fuerzas están totalmente determinadas por la naturaleza del sistema no newtoniano utilizado. Además, como hemos visto también, la naturaleza del sistema está totalmente determinada por las diez *g* que aparecen en la fórmula para la separación espacio-tiempo en términos de los parámetros del sistema. Por consiguiente, existe una completa correlación entre las *g* que caracterizan el sistema y las fuerzas no newtonianas que actúan sobre las partículas, como podrían observar las personas que utilizaran tal sistema. Por tanto, si *todas* las fuerzas son de este tipo, las cuatro ecuaciones diferenciales que expresan el hecho de que la separación total espacio-tiempo del recorrido que en realidad hace la partícula deberá ser fija *equivaldrán* a las leyes del movimiento. Y esto porque comprenderán las relaciones entre el movimiento de cualquier partícula respecto a cualquier sistema y las fuerzas que actúan sobre aquélla, según podrán observar las personas que utilicen tal sistema. A los observadores que se encuentren sobre un sistema newtoniano les parecerá que los otros observadores utilizan unos ejes absurdos y unos relojes inexactos (por ejemplo, una rueda que gira y un tanque de agua, respectivamente). Para los observadores newtonianos las *g* no tienen nada que ver con las fuerzas y sirven únicamente para caracterizar la clase particular de ejes y relojes utilizados por los otros observadores. Mas, para los observadores que utilizan el sistema caracterizado por las *g*, éstas equivaldrán a los potenciales de fuerzas que son funciones de posición y tiempo respecto a su sistema. (Digo *potenciales de fuerzas* y no *fuerzas* porque las *g* no figu-

ran como tales en las ecuaciones del movimiento, sino que aparecen en forma de coeficientes diferenciales de primer grado respecto a las coordenadas y tiempos que ocupan los acontecimientos en el sistema.) Las cuatro ecuaciones diferenciales de movimiento, así deducidas para cualquier sistema, se reducen, en el caso especial de un sistema newtoniano, a las tres ecuaciones corrientes que expresan el hecho de que la aceleración de la partícula desaparece en tres direcciones recíprocamente rectangulares, y a la trivialidad $0=0$.

Ilustraré a continuación la relación entre las g y los potenciales de las fuerzas no newtonianas introducidas junto con un sistema no newtoniano, desarrollando uno de los ejemplos expuestos en el capítulo anterior. Recordemos que en aquel caso utilizamos una partícula que permanecía inmóvil sobre un plano de un sistema newtoniano, refiriéndola posteriormente a un sistema no newtoniano, el cual consistía en el mismo reloj que antes, como medidor de tiempo, y en dos rayos recíprocamente rectangulares de una rueda girando sobre el mismo plano, como los ejes espaciales. Hemos visto que los observadores que utilizan este sistema atribuyen una atracción no newtoniana de la partícula hacia el punto de origen cuya valor es $mr\omega^2$. El potencial no newtoniano requerido para producir esta fuerza es $\frac{1}{2}mr^2w^2$, ya que por definición $F_r = -\frac{\delta V}{\delta v}$, y, en este caso, $F_r = -urw^2$. Ahora consideremos cuál será la expresión para la separación de dos acontecimientos adyacentes en términos del nuevo sistema. En términos del sistema newtoniano original es, naturalmente, $c^2dt^2 - dx^2 - dy^2$. Por tanto, resulta fácil mostrar que en términos del nuevo sistema será

$$(c^2 - \omega^2r^2)dt^2 - d\xi^2 - d\eta^2 + 2\omega\eta d\xi dt - 2\omega\xi d\eta dt$$

Por consiguiente, el nuevo sistema está caracterizado por los siguientes valores de las seis g que se necesitan cuando nos limitamos a un espacio de dos dimensiones, como muestra el presente ejemplo:

$$g_{tt} = c^2 - \omega^2r^2 \; ; \; g_{\xi\xi} = g_{\eta\eta} = -1 \; ; \; g_{\xi t} = 2\omega\eta \; ; \; g_{\eta t} = -2\omega\xi \; ; \; g_{\xi\eta} = 0.$$

Si atribuimos a una fuerza no newtoniana el potencial $-\frac{1}{2}mgu$, podremos explicar los hechos observables, ya que $-\frac{\delta}{\delta r} - \frac{1}{2}mg_{tt}) = -m\omega^2r$, y la fuerza observable no newtoniana es $-m\omega^2r$. Por consiguiente, vemos que g_{tt}, el cual, desde el punto de vista de los observadores situados sobre el sistema newtoniano, no es más que uno de los coeficientes que caracteriza el sistema especial no newtoniano utilizado por los otros observadores; es, desde el punto de vista de los propios observadores no newtonianos, el potencial de una fuerza que actúa sobre todas las partículas respecto al sistema de las mismas.

Hasta ahora nos hemos limitado al caso de una partícula que se encuentra bajo la acción de fuerzas no newtoniana y hemos extraído las ecuaciones del movimiento de tal partícula bajo la acción de las fuerzas no newtonianas de la que es objeto al ser referida a un sistema no newtoniano. Es cierto que la mayor parte de las partículas, si no todas, se encuentran, por lo menos en cierto momento de su historia,

bajo la acción de fuerzas newtonianas y no se mueven de manera uniforme ni en líneas rectas respecto a sistemas newtonianos. ¿Qué cabe decir sobre las ecuaciones del movimiento de tales partículas?

Hemos afirmado que una partícula que no está bajo la acción de fuerzas newtonianas se mueve de tal modo que la separación total entre dos acontecimientos apartados en la historia de dicha partícula es mayor que si se moviera de cualquier otra forma. También hemos dicho que esta propiedad de la historia de la partícula en movimiento es independiente del sistema particular de coordenadas al que pueda ser referida. Antes de seguir más adelante debemos esclarecer algo más estos dos criterios. Comenzaremos por exponer una analogía geométrica.

Supongamos que existen dos puntos alejados uno de otro y que se nos pide averigüemos el *camino más corto posible* entre ellos. El problema no estará, sin embargo, suficientemente determinado. La posibilidad es siempre relativa a una serie de condiciones implícitas o expresadas. El camino más corto respecto a una serie de condiciones no lo sería respecto a otra serie de condiciones. Si pudiéramos trasladarnos de un punto a otro sobre el plano euclidiano en que ambos se encuentran, el camino más corto sería, naturalmente, la línea recta euclidiana que los une. Mas si nos dijeran que debemos efectuar las mediciones sobre la superficie de una esfera determinada en la que se encuentran ambos puntos, el camino más corto posible se hallaría a lo largo del círculo máximo de la esfera que los une. Y un círculo máximo es una curva intrínsecamente diferente de una línea recta euclidiana. Por consiguiente, la curva que constituye el camino más corto posible entre dos puntos depende de la estructura intrínseca de la región en que aquéllos están situados y donde estén confinados todos los caminos entre ellos. Cuando se conoce esta estructura intrínseca la propiedad de ser el camino más corto entre los dos puntos es independiente de todos los posibles sistemas de ejes susceptibles de ser utilizados para delinear la región en cuestión. Pero es evidente que el carácter intrínseco de la región impondrá ciertas restricciones sobre el tipo de ejes que pueden utilizarse para delinearla. De igual manera, la naturaleza del movimiento que proporciona la máxima separación posible espacio-tiempo entre dos acontecimientos apartados en la historia de una partícula en movimiento dependerá de la estructura de aquella parte de la historia de la Naturaleza en que se han producido los acontecimientos, y dentro de cuyos límites se encuentran todos los caminos que los une. Conociendo esta parte de la historia de la Naturaleza, el curso con la máxima separación posible y total espacio-tiempo será independiente de todos los sistemas de coordenadas que puedan ser utilizados para situar y computar acontecimientos en esta región. Mas la estructura intrínseca de esta parte de la historia de la Naturaleza impondrá ciertas restricciones sobre la clase de sistemas que pueden utilizarse para delinearla.

Ahora podemos abordar el caso de una partícula sobre la que actúen fuerzas newtonianas. Nosotros *suponemos: a)* Que constituye un hecho general sobre *todas* las partículas en movimiento (y no sólo

sobre aquellas que se encuentran bajo la acción de fuerzas no newtonianas), que se mueven de tal forma que la separación total espacio-tiempo entre dos acontecimientos apartados en la historia de dichas partículas es mayor que lo sería si se movieran de cualquier otra forma en que lo permitiera la estructura intrínseca de aquella parte de la historia de la Naturaleza en que se producen ambos acontecimientos. *b)* Que en aquellas partes de la historia de la Naturaleza en la que se manifiesten fuerzas newtonianas la estructura intrínseca no es de *tal tipo* que la expresión de la separación espacio-tiempo entre dos acontecimientos adyacentes pueda ser reducida a la forma con coeficientes constantes. Esto equivale a suponer que los sistemas newtonianos pueden aplicarse únicamente a aquellas partes de la historia de la Naturaleza (si es que existen) sobre las que no actúan fuerzas newtonianas.

Sobre la base de estas suposiciones las ecuaciones generales del movimiento, anteriormente deducidas para las fuerzas *no newtonianas*, serán válidas para *todas* las fuerzas. Estas cuatro ecuaciones constituyen simplemente las condiciones analíticas que deben satisfacerse si el verdadero recorrido de una partícula ha de ser tal que la separación total espacio-tiempo entre dos acontecimientos apartados en la historia de la misma sea máxima o mínima. Tales ecuaciones fueron, asimismo, deducidas de la expresión más general posible para la separación espacio-tiempo entre un par de acontecimientos adyacentes. En efecto, aunque en realidad nos hayamos referido a casos en los que la expresión de separación puede ser reducida a una forma newtoniana con coeficientes constantes, no tuvimos en cuenta esta suposición particular al deducir las condiciones de que la separación total del verdadero recorrido será fijo. Así, pues, podemos afirmar que si las anteriores suposiciones responden a la verdad hemos obtenido las ecuaciones generales del movimiento en una forma que *a)* es independiente de cualquier sistema particular de coordenadas y *b)* es igualmente aplicable a fuerzas newtonianas como no newtonianas. Si las fuerzas son todas no newtonianas habrá, *además*, una serie de ecuaciones entre las g de todos los sistemas utilizables en las que se exprese el hecho de que la estructura de la región en discusión es tal que la separación puede ser reducida a la forma con coeficientes constantes. Si algunas de las fuerzas son newtonianas, esta serie adicional de condiciones no será, naturalmente, válida, aunque seguirá siendo factible que todas las g de los sistemas utilizables sean objeto de ciertas series de condiciones menos estrictas.

Sobre esta base, el único hecho mecánico esencial, el cual es absoluto e independiente de todos los sistemas de coordenadas, es el carácter fijo de la historia de la partícula en movimiento, es decir, el hecho de que se mueve a una velocidad tal y hace tal recorrido que la separación total entre acontecimientos apartados en su historia puede ser mínima o máxima, independientemente de si sobre ella actúan o no fuerzas newtonianas. Pero la distancia que en realidad tiene la menor o mayor posible separación se diferenciará intrínsecamente, según la estructura intrínseca de la historia de la Naturaleza

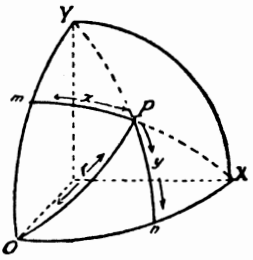
en la región tiempo-espacio de que se trate. Si esta región es tal que la separación entre dos acontecimientos adyacentes en ella pueden expresarse en la forma que comporta coeficientes constantes, el camino que tiene la propiedad fija será una línea recta euclidiana recorrida a una velocidad uniforme, según lo registrará un reloj newtoniano. Si la región es tal que la separación no puede, aun utilizando cualquier sistema, ser reducida a esta forma simple particular, el camino fijo será alguna clase de curva intrínsecamente diferente, recorrida a una velocidad no uniforme. Se supone que la presencia de fuerzas newtonianas en una región determinada de la historia de la Naturaleza es signo de que la estructura intrínseca de dicha región es tal que para ella no puede encontrarse sistema alguno respecto al cual la separación de dos acontecimientos adyacentes adquiera la forma con coeficientes constantes.

¿Cómo podemos verificar o rechazar estas suposiciones? Está claro que la única forma de hacerlo es ver si: *a)* Coinciden con los hechos conocidos, así como con la teoría tradicional, y *b)* Explican o vaticinan hechos que la teoría tradicional no haya explicado o vaticinado. Hemos visto que, cuando las fuerzas son netamente no newtonianas, las g de cualquier sistema de coordenadas se muestran a los observadores que utilizan ese sistema como los potenciales de las fuerzas no newtonianas. Invirtiendo esta analogía es justo suponer que los potenciales de las fuerzas newtonianas observadas respecto a cualquier sistema serán las g que caracterizan la separación espacio-tiempo de dos acontecimientos adyacentes en aquella parte de la historia de la Naturaleza en la que actúan dichas fuerzas newtonianas. Al examinar cualquier campo determinado de fuerza newtoniana debemos, pues, encontrar una serie de g que *a)* satisfagan las ecuaciones generales del movimiento y *b)* difieran numéricamente de los potenciales que la teoría tradicional atribubiría a este campo por cantidades inferiores a los límites del error experimental en los experimentos que ya han sido realizados en tales campos. Si ello puede efectuarse, las ecuaciones resultantes serán, por lo menos, tan convenientes como las ecuaciones tradicionales para representar los hechos del movimiento en este campo. Y si, además, nos permiten vaticinar pequeños defectos restantes, que no pueden explicarse mediante la teoría tradicional, pero que pueden ser hallados y observados, podrán representar mejor la verdad que las ecuaciones tradicionales. Debe admitirse, no obstante, que esto no equivaldría a una demostración radical de la verdad que entrañan las suposiciones, ya que las ecuaciones modificadas serían, sin duda, deducidas sobre la base de los criterios tradicionales de espacio y tiempo, siempre que fueran introducidas modificaciones adecuadas en las fórmulas de los potenciales.

Es evidente que la única forma de poder encontrar pruebas en favor o en contra de la presente teoría reside en considerar campos determinados de fuerza y los fenómenos observables que en ellos se producen. Mas incluso con esto, según considero, jamás podría hallarse una prueba totalmente contundente de esta teoría, ya que las diversas explicaciones que entrañan los criterios tradicionales sobre

espacio, tiempo y fuerza siempre podrían exponerse de modo que coincidieran con los hechos. No obstante, si estas explicaciones mostraran ser extremadamente complicadas y artificiales, en comparación con las que nos ofrece la nueva teoría, tendríamos la misma razón para preferir esta última que la que tuvimos para preferir la Teoría Relativa del Movimiento, pese a la imposibilidad de rechazar de plano la Teoría Absoluta.

2) Planteémonos ahora la cuestión de saber si la Naturaleza, como suma de acontecimientos, puede englobarse en todo momento y lugar dentro de una única estructura intrínseca, y, en caso afirmativo, de qué tipo es esta estructura intrínseca. Se admite que no todas las fuerzas son no newtonianas, es decir, que si persistimos en tratar de referir todos los acontecimientos de la Naturaleza a un sistema newtoniano muchas partículas estarán en algún momento de su historia sujetas a fuerzas observables respecto a dicho sistema. Y no existe sistema alguno que pueda transformar a todas las fuerzas en todo lugar y tiempo, aunque siempre es posible encontrar un sistema lo suficientemente flexible para transformar las fuerzas newtonianas en una reducida región de espacio y por un corto intervalo de tiempo. Ahora podemos abordar esta cuestión en una de las dos formas siguientes: *a)* Podemos mantener que la estructura intrínseca de la Naturaleza es tal que la separación espacio-tiempo de un par de acontecimientos adyacentes puede adoptar siempre y en todo lugar la forma newtoniana. En este caso, tendremos que mantener que este hecho permanece oculto ante nosotros por la presencia de fuerzas en la Naturaleza que aparecen en cualquier sistema utilizado. Esto se parece en algo a la opinión de Swift, según la cual el Gobierno británico siempre destinó a Irlanda admirables obispos, aunque, desgraciadamente, siempre eran detenidos en Hounslow Heath por bandidos que cambiaban de ropa con ellos y seguían el viaje en sus carruajes. O *b)* podemos mantener que la Naturaleza está constituida de tal modo que no puede hallarse sistema alguno respecto al cual la separación adquiera esta simple forma. En este caso, podemos interpretar estas fuerzas, que se encuentran en todos los sistemas, refiriéndolas a la intrínseca peculiaridad de la estructura de la Naturaleza, la cual impide que la separación pueda expresarse de esta simple forma.



Antes de decidir entre estas dos alternativas respecto a un caso dinámico ilustraré lo que quieren decir, mediante un ejemplo geométrico. Supongamos que varias personas se encuentran sobre la superficie de una esfera y utilizan como ejes un par de círculos máximos recíprocamente normales. Las coordenadas de cualquier punto P sobre la esfera son los arcos que los dos círculos máximos forman al pasar por dicho punto, y que son normales a estos ejes, respectivamente. El diagrama muestra lo anteriormente descrito.

Si estas personas midieran los arcos OP, P*m* y P*n*, averiguando

que sus longitudes equivalen a r, x e y, respectivamente, llegarían a a la conclusin de que r^2 no es igual a $x^2 + y^2$, como resultaría si el cuadrado de la separación espacial de puntos adyacentes sobre una esfera tuviera la forma $dx^2 + dy^2$. Pero, si dichas personas se atuvieran realmente a la opinión de que la separación espacial *debe* adquirir esta forma, podrían superar esta dificultad partiendo de la suposición de que en diferentes puntos de la esfera existen fuerzas con magnitudes y direcciones adecuadas que deforman y falsean sus varas de medir. A la inversa, pueden sencillamente reconocer que se encontraban «ante» una peculiaridad intrínseca de las superficies esféricas y eludir la suposición de que existen fuerzas deformadoras. Análogamente, cuando vemos que existen fuerzas intransformables respecto a sistemas newtonianos, podemos, o bien dejar las cosas tal y como están, o adoptar la suposición de que la Naturaleza tiene tal estructura intrínseca que la separación espacio-tiempo de dos acontecimientos adyacentes no puede expresarse con exactitud en forma newtoniana.

La verdadera relación entre r, la separación total, y x e y, las coordenadas de este sistema es

$$\operatorname{sen}^2 \frac{r}{k} = \operatorname{sen}^2 \frac{x}{k} + \operatorname{sen}^2 \frac{y}{k}$$

en la que k equivale al radio de la esfera. Si los observadores se limitaran a efectuar las mediciones en una región extremadamente reducida, los senos serían remplazados por los propios ángulos, y la relación

$$r^2 = x^2 + y^2,$$

que es característica del plano euclidiano, sería aproximada. Esto tiene gran similitud con el hecho antes mencionado de que siempre es posible encontrar un sistema en cuyos términos las partículas se mueven a velocidades uniformes y rectilíneas en una región lo suficientemente pequeña de Espacio y en un intervalo de Tiempo lo suficientemente reducido, aunque no en todo lugar y tiempo.

Ahora podemos ver la analogía geométrica al problema dinámico. Si examinamos las diversas clases de fuerzas newtonianas vemos que éstas se dividen rigurosamente en dos clases, a saber: atracciones de gravitación, por una parte, y el resto, por otra. Ya hemos señalado las características de la gravitación. Actúa siempre y en todos los lugares; es independiente de todas las propiedades de la materia, excepto su masa de inercia; es indiferente al circumambiente, etc. También vimos que estas peculiaridades hacen que la gravitación sea estrechamente análoga a las fuerzas no newtonianas que actúan sobre una partícula, bien inmóvil o en movimiento uniforme en un sistema newtoniano, cuando aquélla es referida a un sistema no newtoniano. Además, hemos visto que en ningún sistema integrado por ejes y relojes materiales puede una partícula evitar de hallarse bajo la acción de alguna fuerza, ya que siempre existirán atracciones de gravitación entre ella y los propios ejes, si bien éstos podrían ser insignificantes al tratarse de una sola partícula que tuviera las estrellas como ejes de referencia. Por estas razones, parece plausible suponer que por lo

menos la gravitación tiene relación con la estructura intrínseca de la Naturaleza, como suma de acontecimientos. Esta estructura es tal que ningún sistema en el que la separación espacio-tiempo adquiera la forma simple con coeficientes constantes puede coincidir de manera totalmente exacta con el conjunto de la Naturaleza, y las fuerzas de gravitación que encontramos al utilizar un sistema newtoniano expresen el «mal ajuste» de dicho sistema con la estructura de la Naturaleza. Esto es exactamente análogo al hecho de que las fuerzas de contracción y de expansión que, en el ejemplo anterior, los observadores situados sobre la esfera, deben suponer actúan sobre sus varas de medir, son simplemente la expresión del «mal ajuste» entre el carácter intrínseco de la superficie de una esfera y el sistema plano de coordenadas que se propusieron utilizar respecto a él.

Por lo que se refiere a otras clases de fuerzas newtonianas que dependen de las propiedades especiales de los cuerpos y del medio, y que no se manifiestan siempre y en todo lugar, como lo hace la gravitación, difícilmente podemos esperar que parecida explicación surta algún efecto. De nuevo podemos ilustrar esta diferencia mediante el ejemplo de personas que viven sobre una esfera y que tratan de medirla, partiendo de la suposición de que la expresión del cuadrado de la separación espacial entre dos puntos adyacentes *debe* reducirse a la simple forma dx^2+dy_2. Supongamos que en algunos lugares de la esfera hay grandes hogueras ardiendo. Las mediciones de los observadores serían en este caso incompatibles con su suposición fundamental y tendrían que ser «aderezadas» en dos formas distintas: *a)* Serían *sistemáticamente* erróneas debido al hecho de que *ningún* sistema de coordenadas sobre la superficie de una esfera puede realmente dar una expresión para la separación en la que sólo figuren coeficientes constantes. Este error sistemático deberá ser corregido atribuyendo a la propia esfera las fuerzas de contracción y de expansión en sus varas de medir. *b)* Además de estos errores sistemáticos resultarán también discrepancias *especiales* cuando efectúen las mediciones cerca de las hogueras, debido a la expansión física de sus varas de medir en tales inmediaciones. Por tanto, no es irrazonable que los observadores atribuyan las discrepancias especiales en sus mediciones cerca de las hogueras a las fuerzas que actúan en dicho lugar sobre sus varas de medir, ya que existe algo visible y tangible, o sea, la hoguera, que responde de estas supuestas fuerzas. Sería, no obstante, un disparate atribuir la discrepancia sistemática entre las mediciones y la teoría a fuerzas sujetas a la esfera, las cuales varían de manera sistemática según en qué lugares de la superficie de la misma se manifiesten. De hacerlo así, debemos aconsejarles que en lugar de persistir obstinadamente en su punto de vista de que la separación de puntos adyacentes en la esfera *debe* adoptar la forma con coeficientes constantes, para después invocar fuerzas que expliquen las discrepancias entre este hecho y sus observaciones, vean si no podrían explicar los hechos de un modo mucho más sensillo mediante la suposición de que la superficie en que viven tiene tal carácter intrínseco que sobre ella no puede existir ninguna serie de ejes en los cuales

la expresión de la separación entre dos puntos adyacentes pueda adquirir esta forma simple. De igual modo, cuando vemos que cierta clase de fuerza, o sea, la gravitación, al ser referida a sistemas newtonianos, actúa siempre y en todo lugar sobre las partículas, es justo suponer que esta «fuerza» no es más que una expresión de la impropiedad de un sistema newtoniano respecto a la estructura intrínseca de la Naturaleza, como suma de acontecimientos. Otras fuerzas newtonianas que actúan en un lugar mas no en otros, o en un momento mas no en otros, o sobre una clase de materia y no sobre otra, se encuentran en una situación diferente y pueden compararse con las hogueras situadas en diversos lugares de la esfera, según nuestro ejemplo geométrico.

Ahora veremos si podemos explicar la existencia de fuerzas de gravitación que se encuentran en todos los sistemas newtonianos, partiendo de la suposición de que los acontecimientos de la Naturaleza forman una multiplicidad entrelazada de tal estructura intrínseca que no puede hallarse sistema alguno respecto al cual la expresión de la separación espacio-tiempo de dos acontecimientos adyacentes adquiera *exactamente* la forma (8), con coeficientes constantes.

Hasta aquí hemos clasificado dos clases de superficies en el espacio corriente. Con una de ellas (el plano, el cono, el cilindro, etc.) fue posible encontrar un sistema de coordenadas sobre la superficie, en cuyos términos la expresión de separación espacial entre dos puntos adyacentes, según las mediciones efectuadas a lo largo de la superficie, contuviese únicamente coeficientes constantes. La indicación de esto fue la desaparición del Tensor Riemann-Christoffel. El criterio más conocido es que tales superficies son, o bien planos, o bien susceptibles de ser transformadas en planos sin deformación o violencia alguna. En la otra clase de superficie esta condición no es aplicable, y como ejemplo presentamos el de la esfera. Llegamos a la conclusión de que la universalidad y otras peculiaridades de la gravitación indican que la estructura de la Naturaleza, como suma de acontecimientos, no es formalmente análoga a la estructura de las superficies de la primera clase, es decir, que de ahora en adelante rechazaremos la opinión referente a que la estructura intrínseca de la Naturaleza es tal que el Tensor Riemann-Christoffel *desaparece* en todos los sistemas de coordenadas dentro de la Naturaleza. ¿Es que la Naturaleza no impone condición general alguna sobre posibles sistemas de referencia excepto esta condición negativa?

Si reflexionamos de nuevo sobre la Geometría elemental veremos que las superficies respecto a las cuales la expresión de la separación espacial no puede adquirir la forma con coeficientes constantes pueden aun subdividirse. Como ejemplo de tal superficie expusimos la esfera. La cáscara de un huevo puede ser otro ejemplo. Pues bien; estas dos superficies comportan una importante diferencia intrínseca. Una esfera constituye un tipo mucho más especial de superficie que una cáscara de huevo, del mismo modo que un plano o un cono son de un tipo mucho más especial que una esfera. La esfera coincide con el plano y se diferencia de la cáscara de un huevo en el sentido si-

guiente: un triángulo ligado por los arcos de círculos máximos a la esfera puede deslizarse por toda la superficie de la misma, manteniendo en todo momento el contacto con ella y sin ser objeto de violencias o deformaciones. En realidad, cualquier figura que se adapte en una parte a la esfera se adaptará en todas las partes de la misma. Lo mismo ocurre con las figuras sobre un plano, mas no con las figuras sobre la superficie de una cáscara de huevo. Un casquete que encaje en el extremo chato de la cáscara no podrá encajar exactamente en el extremo más puntiagudo sin tener que estirar algunas y encoger otras partes del casquete. Así, dando por supuesto que el Tensor Riemann-Christoffel no desaparece de la Naturaleza y que las relaciones intrínsecas entre los acontecimientos de la Naturaleza no son, por tanto, formalmente análogas a aquellas existentes entre los puntos sobre un plano, puede aún plantearse la pregunta: ¿Son las relaciones intrínsecas entre los acontecimientos de la Naturaleza formalmente análogas a aquellas que existen entre los puntos sobre una esfera o entre los puntos sobre una cáscara de huevo? Si la primera alternativa resulta válida, una función de las de g, derivada del Tensor Riemann-Christoffel y llamada *Tensor Riemann-Christoffel Modificado*, tendrá que desaparecer. Esto impone una limitación sobre posibles g y, por tanto, sobre posibles sistemas de coordenadas naturales, mas la restricción será menos rígida que lo sería si tuviese que desaparecer el Tensor no Modificado.

Por tanto, si la gravitación es la forma en que se manifiesta cierta peculiaridad intrínseca de la estructura de la Naturaleza, podemos suponer que la igualación del Tensor Modificado a O equivaldría a la expresión generalizada de la ley de la gravitación, respecto a cualquier sistema de coordenadas utilizable. No obstante, hasta ahora, esto no es más que una conjetura. Es posible que la gravitación no sea la expresión de una peculiaridad intrínseca general de la estructura de la Naturaleza, como suma de acontecimientos relacionados entre sí. O puede ser también que, incluso si esto es verdad, la estructura no sea de la clase particular expresada mediante la desaparición del Tensor Modificado. En este caso, como en todos, debemos hacer una cuidadosa distinción entre lo que *indica* la teoría y qué es lo que la *verifica*. Lo que indica que la gravitación es una expresión de la estructura intrínseca general de la Naturaleza son su universalidad y sus peculiaridades, en comparación con otras fuerzas. Lo que sugiere que utilicemos la desaparición del Tensor Modificado como expresión de esta estructura es que aquélla constituye la suposición más sencilla que puede hacerse, después de haber demostrado que los hechos son incompatibles con la estructura aún más especial indicada por la desaparición del Tensor no Modificado. Ahora debemos ver qué es lo que verifica la teoría así indicada.

Nosotros conocemos la forma tradicional de la ley de la gravitación, respecto a la aproximación más inmediata que podamos obtener a sistemas newtonianos. Para una región libre de materia (aproximadamente, para el interior de una lámpara termiónica) adquiere

la forma

$$\frac{\delta^2 V}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 V}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 V}{\delta z^2} = 0,$$

en la que V equivale al potencial de la gravitación de un punto de la región y x, y y z son las coordenadas cartesianas de este punto respecto a un sistema newtoniano. No cabe duda de que esta ecuación responde, en un alto grado de aproximación, a la verdad. De esto se desprende que cualquier candidato para el puesto de verdadera ley de la gravitación debe reducirse a algo que se diferencie muy poco de la ecuación de Laplace, cuando es expresada en términos de la mayor aproximación al sistema newtoniano que utilicemos.

Luego el Tensor Riemann-Christoffel Modificado es una expresión que entraña coeficientes diferenciales de segundo grado de las g en un sistema, respecto a las coordenadas y tiempos de un acontecimiento al ser referido a dicho sistema. Es evidente que existe una analogía entre aquél y la parte izquierda de la ecuación de Laplace, si consideramos las g como análogas a la V de Laplace. En ambos casos, la parte derecha es O. Ahora bien, la V de Laplace es un potencial, y ya hemos visto la estrecha analogía que existe entre las g de un sistema y los potenciales de las fuerzas que actúan sobre partículas cuando éstas son referidas a dicho sistema. Por tanto, lo único que queda por aclarar es la cuestión siguiente: ¿Podemos encontrar una serie de diez funciones *grv* de las coordenadas y relojes newtonianos, los cuales *a)* al ser sustituidos en la expresión para el Tensor Modificado lo igual a 0, y *b)* difieren tan poco de los potenciales de gravitación de la teoría newtoniana corriente que la diferencia podría sólo averiguarse mediante métodos muy especiales, y siempre que existiera una razón muy particular que hiciera necesaria su averiguación? En tal caso, podemos suponer que la gravitación *es* una expresión del hecho de que la Naturaleza entraña una clase de estructura intrínseca formalmente análoga a aquella de la esfera, y que la fórmula obtenida mediante la igualación del Tensor Modificado a 0 *es* la de la esfera, y que la fórmula obtenida mediante la igualación del Tensor Modificado a 0 *es* la verdadera forma de la ley de la gravitación. La respuesta a esta pregunta es afirmativa; por lo que podemos afirmar que la desaparición del Tensor Modificado es la verdadera forma de la ley de la gravitación para una región libre de materia.

Existe, además, un punto que debe señalarse. Estamos acostumbrados a considerar la ley tradicional de la gravitación en la forma en que dos partículas se atraen recíprocamente con una fuerza proporcional a sus respectivas masas o inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas. Y tenemos la costumbre de considerar la ecuación diferencial de Laplace como una deducción matemática bastante recóndita de lo anterior. En la teoría relativa de la gravitación el orden es invertido. La ley obtenida mediante la igualación del Tensor Modificado a 0 es directamente análoga a la Ecuación de Laplace. La noción de partículas distantes que se atraen recíprocamente es, en este caso, una deducción matemática bastante recóndita

de las ecuaciones diferenciales. En realidad, las partículas físicas se manifiestan ahora sólo como puntos de singularidad en un campo de gravitación; el propio campo es la cuestión fundamental. Y, cuando efectuamos esta deducción, vemos que la fuerza entre ambas partículas no se encuentra totalmente en la línea que las une, por así decirlo. El término restante que entraña la nueva forma de la ley explica la lenta rotación de las órbitas de los planetas como todos únicos sobre sus propios planos. Esto ha sido observado respecto al planeta Mercurio, lo cual era ininteligible sobre la base de la ley tradicional de la gravitación. La Teoría de la Relatividad lo explica tanto cualitativa como cuantitativamente.

El último punto que debemos señalar es que, según la presente teoría, la gravitación altera los movimientos no sólo de las partículas físicas corrientes, como afirma la teoría tradicional, sino también de cualquier clase de energía como la luz, el calor radiante, etc., que atraviese el espacio. Ahora debemos ver cómo llega esto a producirse. En primer lugar, tal consecuencia es inmediatamente indicada por las modificaciones que la Teoría Especial de la Relatividad impone al concepto tradicional de masa. Como señalamos al principio del presente capítulo, si un cuerpo se mueve en línea recta a una velocidad v respecto a un sistema newtoniano, es necesario atribuirle una masa $\frac{M_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ a fin de que el Principio de la Conservación del Impulso pueda expresarse en una forma compatible con el Principio Físico Restringido de la Relatividad. También vimos que esto es aproximadamente igual a $M_0 + \frac{1}{2}\frac{M_0 c^2}{c^2}$ Luego el segundo término es la energía cinética de la partícula dividida por el cuadrado de la velocidad de la luz. Por tanto, es evidente que la energía *cinética* de una partícula de *materia* se manifiesta como un aumento en su masa de *inercia*. Así, pues, es plausible suponer que cualquier región que contenga *cualquier* forma de energía, como luz o calor radiante, adquirirá así una masa de inercia equivalente a la energía total contenida en ella dividida por el cuadrado de la velocidad de la luz. Mas no se desprende en absoluto de la teoría tradicional de la gravitación que tal región pueda contener masa *gravitacional* alguna. Es cierto que en cualquier partícula de materia las masas de gravitación y de inercia son proporcionales en un alto grado de aproximación. Además, esto es compatible con el punto de vista de que el efecto de la gravitación depende totalmente del factor M_0, puesto que el segundo factor en la masa de inercia contiene el cuadrado de la velocidad de la luz en su denominador, y, por tanto, es excesivamente reducido, a menos que la energía del cuerpo sea excesivamente voluminosa. Según esta opinión, es de suponer que un rayo de luz carece de masa de gravitación, aunque tenga masa de inercia. Por otra parte, es natural que las masas de gravitación y de inercia no sean no sólo aproximadamente, sino exactamente proporcionales. En ese caso, es de suponer que el curso de un rayo de luz sufra modificaciones cuando atraviesa un campo de

gravitación, del mismo modo que una partícula de materia es modificada en condiciones semejantes. Ahora bien, los experimentos con péndulos han indicado, sin lugar a dudas, que la masa de gravitación de una partícula de materia no es aproximadamente, sino exactamente proporcional a su *total* masa de inercia, y no sólo al primer factor de ésta. Por consiguiente, la Teoría Especial de la Relatividad indica la gran probabilidad de que el recorrido de un rayo de luz, o de cualquier otra clase de energía radiante, sufra modificaciones cuando atraviesa un campo de gravitación.

Pues bien; lo que aparece como una mera indicación plausible, según la teoría tradicional de la gravitación, al ser combinada con la dinámica modificada de la Teoría Especial de la Relatividad se transforma en una consecuencia necesaria de la Teoría General de la Relatividad. Ya sabemos que la luz no efectúa ni un recorrido uniforme ni en línea recta respecto a sistemas no newtonianos. Las personas que, por ejemplo, utilizan los rayos de una rueda giratoria como sus ejes no pueden averiguar que la luz efectúa un recorrido en línea recta respecto a sus ejes, o a una velocidad uniforme respecto a sus relojes. El verdadero recorrido que efectuaría el rayo de acuerdo con su sistema estaría determinado por las g que caracterizan tal sistema. Mas existe una suposición fundamental de la Teoría General según la cual la analogía entre las g de un sistema no newtoniano y los potenciales de fuerzas no newtonianas que actúan sobre partículas respecto a dicho sistema debe ser extensible a los potenciales de fuerzas newtonianas.

Supongamos que hemos averiguado las ecuaciones correspondientes al recorrido que hace un rayo de luz respecto a cualquier sistema, en términos de las g de dicho sistema y partiendo de la suposición de que se mueve exactamente en línea recta y a una velocidad uniforme relativa a un sistema newtoniano en el cual no existía gravitación. Para averiguar su verdadero recorrido respecto a un sistema newtoniano en un campo de gravitación no tenemos más que sustituir en dichas ecuaciones aquellos valores de las g que *a)* satisfagan la condición mediante la cual desaparece el Tensor Modificado Riemann-Christoffel y *b)* expliquen la fuerza observada y la distribución del campo. Estas ecuaciones no representarán, en general, un movimiento en línea recta y a una velocidad uniforme respecto a los ejes determinados por las estrellas. La divergencia que es exactamente reducida incluso en el intenso campo de gravitación que rodea un imponente cuerpo como es el Sol puede ser calculada y ha sido averiguada experimentalmente.

He tratado de exponer a grandes rasgos las graduales modificaciones que los hechos experimentales y la reflexión sobre los mismos han impuesto a los físicos. Mas existen dos peligros que deben eludirse. El primero consiste en pensar que la Teoría de la Relatividad es fundamentalmente ininteligible para todo aquel que no sea un gran matemático, por lo cual es inútil tratar de comprenderla. El otro, que considero un peligro mucho más serio, consiste en suponer que puede hacerse inteligible en las exposiciones populares de unas cuantas pá-

ginas para personas que jamás han tenido oportunidad de considerar las cuestiones de que trata. Al igual que cualquier otro esquema conceptual, éste creció impulsado por cierta necesidad interior, contra toda una base de conceptos, principios y hechos experimentales vinculados entre sí. Presentada desligada de esta base no puede menos que ser ininteligible, como lo es la doctrina ortodoxa de la Trinidad para personas que desconocen por completo las controversias teológicas que precedieron al enunciado de la Doctrina sobre la Inmortalidad. En el curso de mi exposición he animado la discusión introduciendo ejemplos geométricos sobre hombres que habitan en esferas y parábolas dinámicas, sobre hombres poseídos de un apego ininteligible por utilizar los rayos de ruedas giratorias como ejes de referencia. Considero que esto era absolutamente necesario para ilustrar los conceptos a medida que iba explicándolos. Mas todo ello tiene la gran desventaja de romper el hilo del argumento y confundir la distinción entre inferencia e ilustración, sobre lo cual es importante tener una idea clara. Así, pues, finalizaré este capítulo haciendo un resumen de todo el problema en forma coordinada.

Resumen de los argumentos y conclusiones de la primera parte

1) La Naturaleza es una suma de acontecimientos relacionados entre sí; y todo acontecimiento real dura algún tiempo, tiene una determinada extensión y mantiene una relación espacio-temporal con los demás acontecimientos de la Naturaleza.

2) Pero las extensiones, duraciones y relaciones espacio-temporales de los acontecimientos son de tal tipo que podemos aplicarles el Principio de la Abstracción Extensiva, definiendo así «acontecimientos-puntos instantáneos» y sus exactas relaciones espacio-temporales. De este modo podemos dar un claro significado a la afirmación de que los acontecimientos reales extendidos y duraderos de la Naturaleza están «compuestos de» acontecimientos-puntos instantáneos, y que las relaciones entre tales acontecimientos están «integradas» por las relaciones exactas entre los acontecimientos-puntos instantáneos que las componen.

3) Por esta razón, en lo sucesivo podemos formular nuestra teoría en términos de acontecimientos-puntos instantáneos y sus relaciones exactas, que son *notiora nobis*, si bien no *notiora Naturae*. En efecto, sabemos cómo transformar proposiciones sobre acontecimientos-puntos instantáneos y sus relaciones meramente *concebibles* en proposiciones sobre verdaderos acontecimientos extensos y duraderos y sus relaciones *perceptibles*.

4) Es imposible formular leyes generales sobre los acontecimientos que se producen en la Naturaleza mientras no adoptemos una forma determinada para atribuir un momento y una posición a cada acontecimiento-punto instantáneo de la Naturaleza, ya que las leyes de la Naturaleza expresan tipos universales de relación entre acontecimientos de una clase que se producen en un tiempo y lugar determinados y acontecimientos de la misma (o alguna otra) clase que se producen en

el mismo (o en algún otro) lugar en el mismo (o en algún otro) momento. Si los lugares y tiempos son diferentes, las leyes de la Naturaleza entrañarán, en general, la diferencia entre coordenadas espaciales y la diferencia entre los tiempos de los acontecimientos.

5) Existen innumerables formas de atribuir lugares y tiempos a todos los acontecimientos-puntos instantáneos de la Naturaleza, pero cada una de ellas comporta la elección de ciertos acontecimientos y procesos observables de la Naturaleza como ejes espaciales y medidor de tiempo. Todos los demás acontecimientos serán situados y computados según las relaciones espacio-temporales que mantengan con aquellos elegidos. Cualquier serie de acontecimientos elegidos con este fin puede llamarse *Sistema de Coordenadas.*

6) Es justo suponer que la formulación de las leyes de la Naturaleza en términos de cualquier sistema dependerá, en parte, del sistema determinado que haya sido elegido para situar y computar los acontecimientos de la Naturaleza y, en parte, de la estructura intrínseca de la Naturaleza. Por consiguiente, el objetivo de la ciencia es encontrar fórmulas generales para las leyes de la Naturaleza que puedan proporcionar inmediatamente la formulación particular de la ley en términos de cualquier sistema determinado, tan pronto como se conocen las características definidoras de dicho sistema. Esto es a lo más que puede llegarse si no se es Dios, respecto a las leyes absolutas de la Naturaleza.

7) Existen dos peculiaridades intrínsecas de la Naturaleza que se manifiestan simultáneamente. *a)* Cualquiera que sea el sistema elegido, necesitaremos *cuatro* factores independientes de información para situar y computar todo acontecimiento-punto instantáneo. Este hecho se expresa diciendo que la Naturaleza es una multiplicidad de cuatro dimensiones, y nada más. *b)* En cualquier sistema que elijamos observaremos que los cuatro factores de información se dividen en dos grupos: tres de ellos son espaciales y uno de tiempo. Por eso debemos tener cuidado de no decir o escuchar tonterías acerca de que el «Tiempo constituye una cuarta dimensión del Espacio».

8) Existe un sistema que ha sido utilizado tácitamente en el pasado para situar y computar los acontecimientos de la Naturaleza con fines científicos, por lo que las leyes de la Naturaleza han sido formuladas en términos de dicho sistema. Los ejes de ésta son definidos por las estrellas y la computación es efectuada por relojes de péndulo ajustados entre sí mediante señales luminosas.

9) La elección de este sistema no es totalmente arbitraria; con él, las supuestas leyes de la Naturaleza pueden formularse en una forma relativamente sencilla, pudiendo ser, además, verificadas en un alto grado de aproximación. Con él, las distancias e intervalos de tiempos que a primera vista caracterizaríamos de desiguales, siempre que estuviésemos situados favorablemente para poder hacer tal comparación, *son,* en efecto, desiguales, mientras que aquellos que en condiciones semejantes a primera vista caracterizaríamos de iguales *son* o bien exactamente iguales o aproximadamente iguales. En muchos de

los sistemas no sería válida esta aproximada coincidencia con nuestro criterio inmediato de igualdad y desigualdad.

10) Respecto al sistema utilizado tácitamente, la luz *in vacuo* hace un recorrido a un elevado nivel de aproximación, en líneas rectas y a una velocidad constante; y las leyes del movimiento, en la forma tradicional newtoniana, son muy aproximadamente justas. Hasta hace pocos años no había motivo para añadir estas frases calificativas.

11) Supongamos ahora que tomamos una serie de sistemas cuyos relojes están ajustados de la misma forma que aquellos del sistema fundamental, anteriormente descrito, y que sólo se diferencia de éste y entre sí en que se desplazan a diversas velocidades uniformes en la misma línea recta respecto al sistema fundamental. Según el punto de vista tradicional sobre la medición de espacio y tiempo, el intervalo de tiempo medido entre cualquier par de acontecimientos deberá ser el mismo respecto a todos estos sistemas e independiente de su separación espacial y de las velocidades relativas de los dos sistemas. Las separaciones espaciales tendrán valores medidos diferentes en términos de dos sistemas cualesquiera de la serie y dependerán del intervalo de tiempo y de las velocidades relativas; no dependerán de nada más y la conexión entre ellos tendrá una forma muy simple. Si esto es así, la velocidad medida de cualquier cosa que se mueva respecto a los diversos sistemas será diferente en cada sistema.

12) Mas, experimentos muy precisos, capaces de mostrar estas supuestas diferencias en la velocidad medida de la luz respecto a un par de tales sistemas, no indican signo alguno de diferencia. De ahí que los puntos de vista tradicionales sobre la medición del tiempo y el espacio deban ser revisados, a no ser que se encuentre alguna explicación puramente física a esta discrepancia entre la teoría y la observación.

13) No puede encontrarse explicación física plausible alguna que no contradiga otros resultados físicos firmemente establecidos. De ahí la razón por la que *deben* ser revisados los puntos de vista tradicionales sobre la medición de espacio y tiempo.

14) Las ecuaciones transformables de la Teoría Especial de la Relatividad expresan las relaciones que deben existir entre las distancias medidas y los intervalos de tiempos medidos de un par de acontecimientos respecto a dos sistemas cualesquiera de esta serie, siempre que la velocidad medida de la luz respecto a todos estos sistemas sea la misma. Por tanto, dichas ecuaciones deben ser aceptadas.

15) De acuerdo con estas ecuaciones transformables, los intervalos de tiempo medidos entre el mismo par de acontecimientos no será el mismo respecto a todos los sistemas de la serie, ya que dependerán de las distancias medidas entre los acontecimientos y de las velocidades relativas de los sistemas. Y las distancias medidas no estarán relacionadas con los intervalos de tiempo medidos en la forma simple en que están relacionados según la teoría tradicional. No obstante, las diferencias entre las ecuaciones transformables tradicionales y de la Teoría Especial de la Relatividad son tan insignificantes, cuando las velocidades relativas de los sistemas son pequeñas en comparación con

la de la luz, que no es de extrañar que los defectos del punto de vista tradicional hayan permanecido ocultos hasta hace pocos años.

16) De ello se desprende que aunque—según se expresa en 7)—la diferencia entre tiempo y espacio se manifestará en *cada* sistema, la separación-tiempo y la separación-espacio no son factores *independientes* de la Naturaleza. Los acontecimientos separados por tiempo, pero que coinciden en el espacio respecto a uno de estos sistemas, siempre estarán separados en el espacio respecto a otro sistema. Y los acontecimientos que están separados en el espacio, pero que coinciden en tiempo respecto a un sistema, estarán separados en tiempo respecto a otro sistema. Pero si un par de acontecimientos coinciden tanto en tiempo como en espacio respecto a un sistema, lo mismo ocurrirá respecto a todos los sistemas.

17) Las leyes de Newton sobre el movimiento están formuladas de tal forma que son covariantes respecto a esta serie de sistemas, según las ecuaciones transformables tradicionales, pero no son covariantes según las transformaciones de la Teoría Especial de la Relatividad. Por otra parte, las ecuaciones de Maxwell relativas al campo electromagnético son covariantes según las transformaciones de la Teoría Especial de la Relatividad, pero no lo son según las ecuaciones transformables tradicionales. Esto quiere decir que las ecuaciones de Maxwell están ya formuladas en la forma que permanece inalterable al cambiar de sistema, siempre que nos limitemos a la serie particular de sistemas en consideración y utilicemos las ecuaciones transformables que, según los hechos sobre la luz demuestran, son necesarias. Teniendo en cuenta que esto no es aplicable a las leyes de Newton, a no ser que utilicemos una serie de ecuaciones transformables que según los hechos sobre la luz demuestran ser algo inexactas (o sea, las de la Cinemática tradicional), no podemos por menos que llegar a la conclusión de que las ecuaciones de Maxwell se encuentran más próximas a las leyes «absolutas» de la Naturaleza que las leyes del movimiento en su forma tradicional.

18) Sin embargo, es fácil hacer pequeñas modificaciones cuantitativas en las leyes tradicionales del movimiento que las haga covariantes respecto a todos los sistemas de la presente serie, siempre que se utilicen las verdaderas ecuaciones transformables. De este modo, las leyes modificadas se encontrarán tan próximas a las leyes absolutas de la Naturaleza como las ecuaciones de Maxwell.

19) Las modificaciones necesarias requieren que nos desprendamos del concepto de que la masa de inercia es constante absoluta. La masa de inercia medida de una partícula respecto a uno de los sistemas de la serie depende de la velocidad de dicha partícula en aquel sistema, y se divide de manera muy aproximada en dos factores, uno de los cuales es constante y el otro es una energía cinética tradicional dividida por el cuadrado de la velocidad de la luz.

20) Escrupulosos experimentos efectuados con péndulos indican, sin lugar a dudas, que la masa de gravitación de un cuerpo es exactamente proporcional a su *masa de inercia total*, y no meramente a la parte de ésta que permanece independiente de la energía.

21) El sistema cuyos ejes están determinados por las estrellas y cuyos relojes están regulados por señales luminosas y todos aquellos sistemas cuyos relojes estén regulados de la misma forma y cuyos ejes se mueven a una velocidad uniforme y en línea recta respecto al primero, forman en conjunto la serie de *sistemas* empíricamente *newtonianos*. Respecto a todos los sistemas de esta serie, es justo afirmar que la luz hace un recorrido casi en líneas rectas y a la misma velocidad constante, y que las leyes de Newton sobre el movimiento—según han sido modificadas por la Teoría Especial de la Relatividad—son válidas de manera muy aproximada. Tan estrecha es la aproximación en ambos casos, que nada, a no ser consideraciones teóricas, podría inducirnos a buscar en ellas alguna excepción. Ahora debemos suprimir nuestra anterior restricción impuesta a los sistemas newtonianos y tratar de generalizar las leyes de la Naturaleza con objeto de que sean también aplicables a sistemas no newtonianos.

22) Es posible mantener la forma de las dos primeras leyes de Newton sobre el movimiento siempre que introduzcamos fuerzas no newtonianas adecuadas en cada sistema no newtoniano. Estas fuerzas se caracterizan: *a)* Porque actúan sobre todas las partículas referidas al sistema y porque, en general, son funciones de la posición y tiempo de un acontecimiento en el sistema; *b)* Porque no dependen de ninguna propiedad de la partícula, excepto de su masa de inercia; y *c)* Porque, en general, no obedecen a la tercera ley de Newton, a no ser que se suponga *ad hoc* que las partículas ocultas comportan la reacción. En *a)* y *b)* existe cierta similitud con la fuerza de gravitación newtoniana.

23) Según la primera ley de Newton, una partícula que no está bajo la acción de ninguna fuerza permanece inmóvil o se mueve de manera uniforme y en línea recta respecto a un sistema newtoniano. Esto equivale a decir que la separación total espacio-temporal entre dos acontecimientos cualesquiera apartados en la historia de dicha partícula es o bien menor o bien mayor de lo que sería respecto a cualquier otra forma posible en que la historia de la partícula pudiera desarrollarse entre estos dos acontecimientos.

24) La separación tiempo-espacio entre dos acontecimientos adyacentes (a diferencia de las separaciones espaciales y de tiempo) es independiente del sistema de coordenadas, aunque depende de la estructura intrínseca de la región en que se producen los acontecimientos, la cual, a su vez, determina la serie de sistemas que pueden utilizarse para delinear esta parte de la historia de la Naturaleza. Su formulación particular, en términos de coordenadas y tiempos, variará, naturalmente, según el sistema particular de esta serie de sistemas admisibles que sea utilizado. Así, pues, el hecho de que la separación total espacio-tiempo entre un par de acontecimientos apartados pueda ser máxima o mínima es independiente de los sistemas, aunque el curso determinado según el cual la separación total es, en realidad, fija difiere según la estructura intrínseca de la región en que se producen los acontecimientos.

25) Las condiciones particulares que deben existir si la separa-

ción total espacio-tiempo ha de ser máxima o mínima deben formularse de tal forma que sean aplicables a todas las estructuras y a todos los sistemas. Las cuatro ecuaciones que resumen estas condiciones equivalen a las ecuaciones del movimiento de una partícula, situada por lo menos bajo la acción de fuerzas no newtonianas. Al compararlas con las ecuaciones tradicionales newtonianas vemos que las g que caracterizan a cualquier sistema no newtoniano son de la misma naturaleza que los potenciales de las fuerzas no newtonianas introducidas por el sistema.

26) A continuación hacemos dos suposiciones que no tienen más justificación que la de surtir efecto: *a)* Supongamos que se trata de una ley *universal* de la Naturaleza el que una partícula se mueva de tal forma que la separación total entre acontecimientos apartados en la historia de dicha partícula sea fija, en comparación con todas las otras posibles formas de movimiento. Esto es igualmente aplicable si sobre ella actúan sólo fuerzas no newtonianas o también fuerzas newtonianas. En ese caso, las ecuaciones deducidas para el sistema newtoniano se transforman en *las* ecuaciones del movimiento. *b)* Suponemos que en aquellas regiones de la Naturaleza, como suma de acontecimientos, donde se manifiestan fuerzas newtonianas la estructura de la Naturaleza es tal que la separación no puede reducirse a la forma con coeficientes constantes. Si esto es así, el curso con una separación total espacio-tiempo máxima no será una línea recta euclidiana recorrida a una velocidad constante, según lo marca un reloj newtoniano. Consideramos los potenciales tradicionales de las fuerzas newtonianas en cualquier campo como primeras aproximaciones a una serie de g que satisfagan las ecuaciones generales del movimiento de este modo deducidas. Y consideramos el resultado como la verdadera ley del campo en cuestión.

27) Una multiplicidad continua de dimensiones, como ha demostrado ser la Naturaleza, puede estar constituida por clases intrínsecamente diferentes. Digamos que puede ser «como planos», «como esferas», «como huevos», etc. Independientemente de la estructura intrínseca espacio-tiempo que pueda tener la Naturaleza, siempre podrán hallarse innumerables sistemas para situar y computar los acontecimientos de la Naturaleza. Sin embargo, la estructura intrínseca de la Naturaleza impondrá ciertas condiciones sobre todos los sistemas naturales de coordenadas que puedan utilizarse. Estas restricciones adquirirán la forma de ciertas ecuaciones muy generales que vinculen las g de cualquier sistema natural utilizable. Si la estructura de la Naturaleza es como la de un plano, la condición es que el Tensor Riemann-Christoffel no Modificado desaparezca de las g en todos los sistemas naturales utilizables. Si la estructura es como la de una esfera, la condición es que el Tensor Riemann-Christoffel Modificado desaparezca de las g de todos los sistemas utilizables; última condición ésta que es menos rígida que la primera.

28) Si la estructura intrínseca de la Naturaleza es como la de un plano, un sistema exactamente newtoniano servirá a situar y computar todos los acontecimientos de la Naturaleza; de otro modo no servirá.

29) Si tratamos de delinear una multiplicidad mediante un sistema que no corresponde a su estructura intrínseca, sólo podremos ajustar nuestras mediciones con nuestra teoría partiendo de la suposición de que existen fuerzas que deforman nuestros instrumentos de medición y que alteran sus resultados.

30) No podemos encontrar sistema alguno que transforme siempre y en todo lugar las fuerzas de gravitación, aunque sí podemos encontrar sistemas no newtonianos que puedan transformarlas en regiones lo suficientemente reducidas de espacio y tiempo. Respecto a sistemas newtonianos, todas las partículas se hallan siempre bajo la acción de fuerzas de gravitación, aunque éstas sean a veces insignificantes para fines prácticos. Por consiguiente, es plausible suponer que la universalidad de la gravitación respecto a sistemas newtonianos indica la falta de ajuste entre este tipo de sistema y la estructura intrínseca de la Naturaleza.

31) Por otra parte, *a)* La gravitación tiene muchas analogías con las fuerzas no newtonianas; *b)* La ley tradicional de la gravitación, que en realidad se encuentra muy próxima a la verdad, puede formularse como una ecuación diferencial de segundo grado que entrañe el potencial de gravitación en un lugar así como las coordenadas del lugar respecto ejes newtonianos; y *c)* Ya hemos supuesto que los potenciales y las g de los sistemas son mutuamente equivalentes.

32) Los hechos mencionados en 31) indican, sin lugar a dudas, que la ley de la gravitación debe ser una condición general impuesta sobre las g de todos los sistemas naturales utilizables, formulada como una ecuación diferencial de segundo grado que entrañe dichas g. Los hechos mencionados en 30) indican que esta condición *no* consiste en la desaparición del Tensor no Modificado, pues, de ser así, la estructura intrínseca de la Naturaleza sería tal que podría ajustarse a ella un sistema newtoniano, y la necesidad de introducir siempre y en todo lugar fuerzas de gravitación respecto a sistemas newtonianos demuestra claramente que esto no es así.

33) Es evidente que a esto seguirá la suposición de que la ley de la gravitación es expresada por la desaparición del Tensor Modificado, es decir, que la gravitación es el signo de una estructura de la Naturaleza intrínsecamente parecida a la de una esfera.

34) Se ha averiguado que, de ser ésta la verdadera ley de la gravitación, los efectos observables difieren tan poco en la mayoría de los casos de aquellos vaticinados por la ley tradicional, que la diferencia no podría ser descubierta. De ahí que la plena verificación de que ha sido objeto la ley tradicional no constituya un obstáculo para la aceptación de la ley modificada.

35) Por otra parte, existen ciertos casos muy particulares en los que, según la nueva forma de la ley, pueden suponerse pequeños efectos observables, los cuales no podrían suponerse según la ley original. En tales casos (en particular, el movimiento del perihelio de Mercurio y la inflexión de un rayo de luz al pasar cerca de un cuerpo masivo como el Sol), los efectos vaticinados han sido verificados tanto cualitativa como cuantitativamente.

Obras adicionales que pueden consultarse con provecho:

A. S. EDDINGTON, *Report on the Relativity; Theory of Gravitation; Space, Time and Gravitation.*
E. CUNNINGHAM, *Relativity, Electron, Theory, and Gravitation.*
B. RIEMANN, *Über Die Hypothesen welche der Geometrie zu Grunde liegen* (Julius Springer, Berlín).
H. WEYL, *Space, Time, and Matter.*

Segunda Parte

LA BASE SENSIBLE Y PERCEPTIBLE DE NUESTROS CONCEPTOS CIENTIFICOS

CAPÍTULO SÉPTIMO

La materia y sus apariencias; definiciones preliminares

«Fallunt nos oculi, vagique sensus
Oppressa ratione mentiuntur.
Nam turris, prope quae quadrata surgit,
Detritis procul angulis rotatur.»
(*Petronius Arbiter.*)

En la primera parte nos hemos referido a los graduales desarrollo y modificación de los conceptos científicos tradicionales de Espacio, Tiempo y Movimiento, en el dominio de la Física. Estos conceptos, proporcionados por el sentido común del hombre culto, han sido aprovechados por la ciencia y nuestra tarea sólo ha consistido en exponer el proceso de esclarecimiento y definición de que han sido objeto en manos de los científicos al desarrollar éstos sus propias actividades. Dos veces solamente nos hemos apartado deliberadamente del campo de la actividad científica. En primer lugar, cuando explicamos el Principio de la Abstracción Extensiva y tratamos de demostrar con él lo que los físico-matemáticos dan por supuesto, es decir, la aplicación de la Geometría y de la Mecánica, formuladas en términos de puntos, momentos y partículas, a un mundo de objetos prolongados y fenómenos no instantáneos. En segundo lugar, cuando abordamos el problema general de Tiempo y Cambio, y tratamos de defender su realidad contra las plausibles objeciones de que han sido objeto por parte de ciertos filósofos.

Ahora bien, quizá el lector haya fijado su atención en dos puntos de la primera parte. 1) Habrá notado que la «materia prima» del sentido común adoptada por la ciencia y más tarde elaborada por ella era, en realidad, todo menos «materia prima». Era ya algo muy complejo y altamente elaborado. La noción del sentido común sobre un Espacio único, un Tiempo único y unas partículas permanentes de Materia que existen, se mueven y cambian dentro de aquéllos no es en manera alguna primitiva. Es el resultado de un largo y complicado proceso de reflexión y síntesis efectuado por innumerables generaciones sobre la base de la cruda información proporcionada por los sentidos e incorporada al habla cotidiana, siendo así traspasada de padre a hijo para su ulterior elaboración. Los principales rasgos de estos conceptos han sido aceptados sin discusión por los científicos, y lo único que hemos hecho ha sido señalar aquellas modificaciones de detalle que el conocimiento más exacto de los fenómenos de la Naturaleza hace necesaria. En la segunda parte ahondaré aún más en los fundamentos de la primera parte, y trataré de relacionar los conceptos de la ciencia y del sentido común con sus raíces en la mera sensación y percepción. Si llegamos a la conclusión, como creo que

llegaremos, de que las recientes modificaciones en los conceptos tradicionales, introducidos sobre una base puramente científica, vinculan aún más estrechamente los conceptos generales con su base sensible y perceptible, ello constituirá un argumento más en favor de tales modificaciones y contribuirá a neutralizar la impresión de paradoja que estos últimos cambios producen en las personas educadas en las nociones tradicionales.

2) El segundo punto que habrá llamado la atención del lector es que hasta ahora no se ha dicho casi nada sobre el concepto de Materia. Es cierto. Existe una divergencia mucho mayor entre los conceptos del sentido común y científico de la Materia que entre los conceptos de Espacio o de Tiempo. Los conceptos científicos de Espacio y Tiempo son mejoras y esclarecimientos bastante diáfanos de los conceptos del sentido común. Pero, según éste, la Materia comporta numerosas propiedades intrínsecas, como color, temperatura, etcétera, además de sus propias características espacio-temporales. La ciencia, por otra parte, considera la Materia como simplemente «lo móvil en el espacio», sin atribuirle ninguna propiedad intrínseca no espacio-temporal, excepto la de masa. Ahora bien, la forma de tratar la Materia y el conocimiento que tenemos de ella nos conducirán directamente al centro mismo del problema que entraña la segunda parte. Se admite que la Materia está estrechamente relacionada con lo que percibimos mediante nuestros sentidos. Además, la mayor parte de las personas admitirán que jamás hubiéramos conocido tales características espaciales como forma, tamaño y posición, de no haber percibido partículas de Materia de diferentes formas y tamaños en distintos lugares. Hemos de señalar, por último, que llegamos a saber lo que es Movimiento al observar partículas de Materia que se mueven alrededor nuestro y al movernos nosotros mismos. Por tanto, al tratar de esclarecer las relaciones entre la Materia, según el concepto científico, y lo que percibimos con nuestros sentidos, abordaremos al mismo tiempo las bases sensibles y perceptibles de los conceptos de Espacio, Tiempo y Movimiento. Por ello, hasta cierto punto, esta parte tratará en su totalidad sobre el concepto de Materia. Mas esto implica que sean considerados de nuevo los conceptos de Espacio, Tiempo y Movimiento. Empezaré por exponer el problema en líneas generales, para después entrar gradualmente en más detalles.

Noción tradicional de una partícula de Materia

Al preguntar de qué se quiere hablar con las palabras «partícula de Materia», la propia pregunta es ya de por sí ambigua. En un sentido, una respuesta exhaustiva a dicha pregunta supondría una teoría completa de la Materia, cosa que sólo sería factible, en el caso de serlo, al finalizar nuestra exposición. Este no es, sin embargo, el sentido en que yo planteo aquí la pregunta. Lo que yo pregunto es: «¿Cuál es el mínimo irreductible de propiedades en que prácticamente todo el mundo coincidiría en afirmar que debe poseer un ob-

jeto, si éste ha de ser llamado una partícula de Materia?». Considero que la ciencia y el sentido común coincidirán en que, por lo menos, deben satisfacerse las siguientes condiciones:

1) Su existencia y propiedades deben ser independientes de las mentes que se encuentran observándola y debe poder ser observada por numerosas mentes. Esta característica puede resumirse diciendo que la Materia es neutral respecto a diversos observadores, o que es «pública»—para utilizar una palabra del señor Russell—. Esto distingue claramente la Materia de cualquier estado consciente de la mente. Esta última es una forma única y particular a la persona en cuyo estado se encuentre. Mi creencia de que $2+2=4$ es diferente de la de otra persona, aunque ambas creencias se refieren al mismo hecho. Mi creencia no puede literalmente evadirse de mi mente y aparecer en la de la otra persona. Si esto fuera así, yo jamás podría persuadir de algo a alguien sin perder mi propia creencia en ello, y los maestros probablemente se distinguirían de los demás mortales por un escepticismo sobrehumano acerca de las asignaturas que enseñaran. Mas, en realidad, esto no es así. Lo que ocurre es que, cuando A logra que B piense como él, ello se debe a que los argumentos de A o la cuenta corriente que tenga A en el banco producen en la mente de B un estado de creencia que se refiere al mismo hecho que la creencia de A, y tiene la misma relación de concordancia o discordancia acerca de tal hecho. Mi creencia y la de otra persona sólo son calificadas de creencia *igual* en el sentido derivado de que constituyen dos actos diferentes de creencia relacionados del mismo modo con el mismo acto.

Lo mismo puede afirmarse de los deseos. A veces decimos que dos personas tienen el mismo deseo; pero, en realidad, lo que queremos decir es que el deseo de uno y de otro, aunque responden a dos estados de mente, tienen un objetivo único. Ahora bien, si es cierto que existen partículas de Materia, éstas no serán particulares a cada mente, sino comunes a todas las mentes que las observen. Nos referimos a *mis* creencias y a los deseos *de otros;* no hablamos de mi átomo hidrógeno o del electrón de otros. Simplemente nos referimos *al* o *a este* átomo o electrón. Sin embargo, es cierto que un sombrero o un paraguas es considerado como una partícula de Materia y nos referimos a mi sombrero y al paraguas de otra persona. Mas esto, que a primera vista parece una objeción, constituye, considerado más detenidamente, una prueba de lo anteriormente expuesto. El sentido en que mi paraguas es mío es diferente del sentido en que mis creencias son mías. Mi paraguas es mío sólo en el sentido de que legalmente es mi propiedad; mis creencias son mías en el sentido de que no pueden existir fuera de mi mente o trasladarse a la mente de otra persona. Nadie puede arrebatarme mis creencias; pero resulta extremadamente fácil quitarme el paraguas. Por tanto, incluso aquellas partículas de Materia a las que atribuimos adjetivos posesivos son públicas en el sentido de que ningún estado de mente puede ser público.

2) Se dice que una partícula de Materia es neutral no sólo respecto a diferentes observadores, sino que, en cierta forma, también

es neutral respecto a diversos sentidos del mismo observador. Nosotros vemos, oímos y sentimos una campana. Mas esta clase de neutralidad parece ser incompleta. La forma y tamaño de la campana son también, en cierto modo, comunes a la vista y al tacto. Por lo que se refiere a sus cualidades sensibles, el sentido común indica que cualquier partícula de Materia contiene varias de ellas, y que se necesitan diferentes sentidos para descubrir diferentes cualidades sensibles. Por ello la vista, y sólo ella, nos permite conocer los colores de los cuerpos; el tacto, y sólo él, nos permite conocer las temperaturas de los mismos, etc. Pero también forma parte de la noción de una partícula de Materia el hecho de que en ella coexisten todas estas diversas cualidades sensibles, tanto si actúan o no los sentidos requeridos para descubrirlos. Si nos limitamos a mirar un cuerpo y después cerramos los ojos y lo tocamos, esto no quiere decir que en el primer acto careciera de temperatura y en el segundo de color.

3) Estas dos propiedades de notoriedad respecto a diferentes observadores y de neutralidad respecto a los diversos sentidos de un solo observador están estrechamente relacionadas con un tercer rasgo distintivo de la Materia. Las partículas de Materia perduran sin sufrir apenas cambios, tanto si son observadas como si no lo son, y prosiguen sus propias actividades y actúan entre sí, independientemente de nuestra presencia o ausencia.

4) Esto nos lleva a la cuarta característica de la Materia. Generalmente se considera como propiedad de una partícula de Materia tener una forma y un tamaño más o menos permanente, ocupar un lugar determinado en el Espacio y ser capaz de moverse de un lugar a otro. Se admite que las partículas de Materia cambian constantemente de forma, tamaño y lugar; mas también se admite que esto lo realizan mediante interacción mutua, pero no como consecuencia de ningún cambio en nuestros actos de observación, y que en todos sus cambios siguen teniendo una forma, tamaño y posición determinados. Si pudiera demostrarse que en el mundo no existe nada que en realidad tenga tales propiedades podría sostenerse que la existencia de la Materia ha sido refutada, pese a la existencia de objetos públicos, independientes y permanentes.

Por ejemplo, se dice generalmente que Berkeley negó la existencia de la Materia, y no cabe duda de que él mismo lo creyó así. No obstante la teoría de Berkeley entraña, indudablemente, la existencia de ciertas entidades, o sea, las voliciones (y quizá las sensaciones) de Dios, las cuales son independientes de la mente de cualquier observador finito y neutrales respecto a mi mente y la mente de los demás. La razón por la que, de estar Berkeley en lo justo, decimos que no existe la Materia se debe a que las voliciones de Dios, aun siendo neutrales e independientes respecto a nosotros como observadores, no comportan nada que corresponda a tamaño, forma y posición; mientras que las únicas entidades a las que Berkeley concede estos atributos, o sea, nuestras sensaciones, son particulares a cada uno de nosotros y sólo existen en la medida en que las experimentamos. Son muy pocos los filósofos que han negado la existencia de entidades que res-

ponden a las tres primeras condiciones, pero son muchos los que han negado la existencia de alguna que responda a estas tres primeras y a la cuarta condición. Estos filósofos son considerados por ellos mismos y por el sentido común como habiendo negado la existencia de la Materia. Ahora tendremos infinidad de oportunidades para demostrar que, en realidad, resulta muy difícil sostener que las entidades provistas de formas, tamaños y posiciones son neutrales e independientes, y que las que son neutrales e independientes tienen formas, tamaños y posiciones.

Antes de abordar estas cuestiones en detalle debemos exponer una complicación adicional que, pese a ser en parte verbal, no puede por menos que confundirnos si no la aclaramos completamente. No cabe duda de que una de las características que atribuimos a una partícula de Materia es tener, *en algún sentido*, forma, tamaño y posición. Pero, ¿en qué sentido literal es esto verdad? Ya hemos visto que, en cierto sentido, una extensión en el Espacio o una duración en el Tiempo está compuesta de puntos o de momentos, respectivamente. Mas este sentido es extremadamente complicado y sofisticado, o, utilizando un afortunado vocablo del doctor G. E. Moore, «pickwickiano». Sin lugar a dudas, podemos encontrar sentidos pickwickianos en los que existan entidades simultáneamente públicas y extensas. Pero la cuestión es: ¿hasta qué punto llegan a ser pickwickianos los términos en nuestra formulación, antes de que ésta deje de ser útil, para transformarse en algo meramente engañoso, con objeto de afirmar que aceptamos la existencia de la Materia? Nuestros amigos teólogos se encuentran ante dificultades muy similares en sus interpretaciones de los términos utilizados en las religiones. Está claro que sólo puede ser verdad en un sentido extremadamente pickwickiano el que la Segunda Persona de la Trinidad sea el hijo de la Primera. Nadie lo considera verdad en el sentido literal en que Jorge V es el hijo de Eduardo VII; y lo único importante en este aspecto es ver si el sentido en que puede ser verdad (suponiendo, en aras de la argumentación, que las Personas existan) es tan pickwickiano que la formulación resulta más susceptible de conducir a conclusiones erróneas que de esclarecer las cosas. Afortunadamente, la terminología de nuestros problemas no está rodeada de los mismos halos emocionales que los términos utilizados en Teología. No nos incumbe el deber de hacer cumplidos a la Materia y, mientras expongamos claramente lo que queremos decir, tiene muy poca importancia que nuestros términos sean utilizados en un sentido literal o extremadamente pickwickiano. Será una cuestión de gusto decir que la teoría que finalmente adoptemos vale para la aceptación o negación de la Materia. Si nos acusaran de decir que «la Materia no es Materia» estaríamos, sin embargo, en mejor posición que el doctor Tennant *, quien ejerce bajo la terrible acusación de enseñar que «el Pecado no es Pecado».

---

* Véase su *Origen del Pecado.*

La noción de la apariencia sensible

Anteriormente he tratado de señalar cuál es el mínimo irreductible de propiedades que el común entender considera debe poseer cualquier cosa para ser considerada como una partícula de Materia. También he señalado, por adelantado, que la historia de la Filosofía muestra cuán difícil resulta sostener la existencia de cualquier entidad que satisfaga todas estas condiciones en un sentido literal. Finalmente, hemos observado que la cuestión de la realidad o irrealidad de la Materia, así definida, no queda perfectamente clara, debido a la certeza práctica de que muchos de nuestros términos tendrán que ser interpretados de una forma más o menos pickwickiana, y debido también a la duda de saber si vale la pena seguir utilizando frases conocidas, después de que su sentido literal se haya desviado en un punto determinado. Ahora debemos considerar qué hechos hacen difícil creer que cualquier cosa puede satisfacer las cuatro condiciones, en un sentido absolutamente literal.

La dificultad reside en el conjunto de hechos que reunimos exponiendo la necesidad de distinguir entre las cosas tal y como son y las cosas tal y como nos parecen, o entre la realidad física y la apariencia sensible. Siempre surgen dificultades cuando dos grupos de propiedades pertenecen aparentemente al mismo objeto y, sin embargo, son aparentemente incompatibles entre sí. Así, pues, la dificultad radica en hacer que coincidan las supuestas neutralidad, duración e independencia de un objeto físico con las naturales diferencias existentes entre sus diversas apariencias sensibles para diferentes observadores en el mismo momento y para un mismo observador en momentos distintos, suponiendo que dicho objeto no haya sufrido entretanto el menor cambio físico. Es sabido, por ejemplo, que cuando ponemos un penique sobre una mesa y lo miramos desde diferentes ángulos, por lo general su forma parece más o menos elíptica. La excentricidad de estas diversas apariencias varía según nos movemos, ocurriéndole lo mismo a la dirección de sus ejes mayores. Pero también decimos que el penique, al que hemos estado mirando todo el tiempo, no ha cambiado; y que su forma es redonda y no elíptica. Como éste existen millones de ejemplos. Sería fácil exponer otros más poéticos, pero hemos escogido éste porque es simple y natural, y no entraña complicación alguna sobre el medio de transmisión. Así, pues, comenzaremos por él, como un caso característico a discutir.

No existe nada en la mera elipse o en la mera variación, tomadas en sí, que nos deba preocupar. La dificultad surge de la incompatibilidad entre las formas aparentes y la supuesta forma real, y entre el cambio en las apariencias y la supuesta constancia del objeto físico. No es necesario plantear ahora la pregunta de *por qué* creemos en la existencia de un único objeto con estas características que se nos aparece en todas estas formas diferentes. La realidad es que nos lo creemos. También es un hecho igualmente cierto que el penique parece diferente según nos movemos. La dificultad estriba en conciliar las diferentes apariencias con la supuesta constancia de un penique, y el

carácter elíptico de la mayor parte de las apariencias con la supuesta redondez del penique. Es muy probable que a primera vista el lector no vea gran diferencia en esto. Tampoco es improbable que piense que podemos explicar estas diversas apariencias visuales mediante las leyes de la perspectiva, etc. Mas ésta no es una respuesta que venga al caso. Es cierto que podemos *predecir qué apariencia particular* tendrá un objeto ante un observador, cuando conocemos la forma del objeto y su posición respecto a dicho observador. Pero ésta no es la cuestión que actualmente tratamos de analizar. Nuestro problema reside en la compatibilidad de estas apariencias elípticas cambiantes, independientemente de su relación con otros hechos del mundo, con la supuesta constancia y redondez del objeto físico.

Pues bien; lo que yo llamo *apariencia sensible* no es más que un nombre general para hechos como los que acabo de describir. Aquí, como siempre, es importante formular los *hechos* en tal forma que todo el mundo esté de acuerdo, antes de iniciar cualquier *análisis* de los mismos, con el que muchas personas estarán violentamente en desacuerdo. El hecho fundamental es que constantemente exponemos criterios tales como: «Esto *me parece* elíptico, o encarnado, o caliente», según sea el caso, sin sentir la menor duda acerca de la verdad de tales criterios. No obstante, podemos al mismo tiempo dudar, o no creer, que esto *es* elíptico, o encarnado, o caliente y estar perfectamente seguro el mismo momento en que obtengo la peculiar experiencia expresada en el criterio: «Esto me parece elíptico», aunque, en realidad, el objeto no es elíptico, sino redondo.

Supongo que nadie, al considerar detenidamente esta cuestión, estará en desacuerdo con esta idea. El punto siguiente es ver cuál es la justa forma de analizar tales hechos; y es importante no confundir los propios hechos con alguna teoría particular acerca de cómo deben ser analizados estos hechos. Empezaremos por una observación negativa, que desde mi punto de vista es real, y tiene, indudablemente, gran importancia si en efecto es real. La apariencia *no* es meramente un *criterio* equivocado sobre objetos físicos. Cuando considero que un penique parece elíptico no atribuyo erróneamente una forma elíptica a lo que en realidad es redondo. Las apariencias sensibles *pueden* llevarme a formular un criterio equivocado sobre objetos físicos, mas no es *obligatorio*, y, que yo sepa, en general no suele ocurrir. Mi certidumbre de que el penique parece elíptico existe cómodamente junto con mi convicción de que es redondo. Pero el criterio equivocado de que el penique *es* elíptico dejaría de existir en el momento en que llegara a saber que el penique es realmente redondo. El hecho al desnudo consiste en que «a mí me parece elíptico» representa una experiencia peculiar, y que, cualquiera que sea su justo análisis, no es precisamente un criterio equivocado sobre la forma del penique.

Así, pues, la apariencia no puede describirse como un criterio equivocado sobre las propiedades de un objeto físico. ¿Cómo podemos describirla y puede ser analizada? Son posibles dos tipos diferentes de teoría, que llamaré, respectivamente, *Teoría de la Relación Múltiple* y *Teoría de Objeto de la Apariencia Sensible*. La Teoría de

la Relación Múltiple parte del punto de vista de que «la apariencia de ser de tal o cual forma» es una clase única de relación entre un objeto, una mente y una característica. (Es una definición a grandes rasgos, pero por el momento nos es suficiente.) Según esta teoría, decir que el penique me parece elíptico equivale a decir que existe una relación única de «apariencia», la cual no puede ser ulteriormente analizada, entre el penique, mi mente y la característica general de elíptico. El punto esencial que nos interesa abordar en este momento sobre teorías de este tipo es que éstas no implican que tengamos conocimiento de *algo* que *realmente es* elíptico, cuando tenemos la experiencia que expresamos al decir que el penique nos parece elíptico. Teorías de este tipo han sido últimamente formuladas por el profesor Dawes Hicks y por el doctor G. E. Moore. Hasta ahora no han sido objeto de una elaboración detallada, pero es indudable que merecen una debida atención.

Las teorías del tipo Objeto son completamente diferentes. Estas no entrañan una única e inanalizable relación múltiple de «aparecer», sino una clase peculiar de objeto—una «apariencia»—. Se dice que tales objetos *tienen* en realidad las características que el objeto físico *parece que tiene*. Por tanto, la Teoría de Objeto analiza el criterio de que el penique me parece elíptico en términos de un criterio que entraña la verdadera existencia de un objeto elíptico, el cual, por una parte, mantiene una determinada relación cognoscitiva respecto a mí, y, por otra, una relación, aún no determinada, respecto al penique redondo. Pese a haber sido mezclada en gran medida con cuestiones que no vienen al caso, y aunque hasta la fecha no ha sido formulada ni elaborada claramente, este tipo de teoría no deja de ser de una estimable antigüedad. La doctrina de las «ideas representativas» es la forma tradicional y extremadamente confusa de dicha teoría. Y es esta teoría la que constituye la base de obras tales como *Lowell Lectures on the External World*, de Russell. En el presente libro me limitaré deliberadamente a este tipo de teoría, y trataré de exponerla claramente y de elaborarla detalladamente.

Obras adicionales que pueden consultarse con provecho:

G. E. Moore, *Philosophical Studies*, V y VII.
G. D. Hicks, *Proceedings of the Aristotelian Society*, 1913, 1916.
G. F. Stout, *Manual of Psychology*, libro III, p. II, cap. I; *Proceedings of the Aristotelian Society*, 1913.

La Teoría de los «sensa» y la Teoría Científica Crítica

«JACK.—That, my dear Algy, is the whole truth, pure and simple.
«ALGERNON.—The truth is rarely pure and never simple. Modern life would be very tedious if it were either, and modern literature a complete impossibility.»

(WILDE, *Importance of being Earnest.*)

Considero ahora oportuno exponer más ampliamente la teoría según la cual las apariencias son tipos peculiares de objetos, y examinar qué clase de objetos deben ser. El lector deberá tener presente, a lo largo de todo este capítulo, que existe un punto de vista totalmente diferente sobre la apariencia sensible, o sea, la Teoría de la Relación Múltiple, siendo muy probable que ésta sea la justa. Mas en este libro la dejo completamente a un lado. Según la teoría que ahora vamos a analizar, siempre que un penique me parece elíptico lo que en realidad ocurre es que tengo conocimiento de un cuerpo que en realidad es elíptico. Este objeto tiene una relación en cierta forma particularmente íntima con el penique físico redondo, por cuya razón aquélla es llamada apariencia *del* penique. En realidad, es elíptica, por lo que se dice que el penique parece *elíptico*. Podemos generalizar esta teoría de la apariencia sensible del modo siguiente: siempre y cuando me parece verdaderamente que x tiene la cualidad sensual q, lo que en realidad ocurre es que tengo conocimiento directo de un determinado objeto y, él cual *a)* contiene en realidad la cualidad q, y *b)* mantiene cierta relación íntima peculiar, que queda por determinar, respecto a x. (En este punto de nuestro razonamiento nada impide que y sea idéntico a x, o literalmente parte de x). A objetos como y daré de ahora en adelante el nombre de *Sensa*. Así, cuando miro un penique de canto, lo que ocurre, según esta teoría, es lo siguiente: experimento una sensación, cuyo objeto es un *sensum* elíptico y marrón; y este *sensum* está relacionado en cierta forma íntima especial con un determinado objeto físico redondo, o sea, el penique.

Sobre esta base puede admitirse, por lo menos, que la teoría del *sensum* es extremadamente verosímil. Cuando miro un penique de canto indudablemente tomo conocimiento de *algo;* y es evidentemente posible sostener que este algo es elíptico, en el mismo sentido en que un trozo de alambre doblado adecuadamente, y al que miramos desde arriba, es elíptico. Si, en realidad, ante mi mente no se encuentra nada elíptico, resulta muy difícil comprender por qué el penique me ha de parecer *elíptico* y no de otra forma cualquiera. No considero este argumento como absolutamente concluyente, pues me inclino a pensar que la Teoría de la Relación Múltiple puede también explicar estos hechos. No obstante, constituye un argumento lo suficientemente firme para que la teoría del *sensum* sea objeto de un ulterior examen.

Partiendo del hecho de que cuando miro un penique de canto tengo conocimiento directo de algo que en realidad es elíptico, está claro que este algo no puede identificarse con el penique, si es que este último tiene realmente las características que generalmente se le atribuyen. Se supone que el penique es redondo, mientras que el *sensum* es elíptico. Además, se supone que el penique conserva la misma forma y el mismo tamaño a medida que nosotros nos movemos, mientras que los *sensa* cambian de forma y tamaño. Pero la misma cosa no puede ser redonda y elíptica en el mismo momento y en el mismo sentido. Como tampoco puede la misma cosa cambiar de forma y conservarla simultáneamente, si el término «forma» es utilizado en el mismo sentido en ambos casos. Por consiguiente, es indudable que, si existen *sensa*, éstos no pueden ser en general identificados con los objetos físicos de los que son la apariencia, si éstas comportan literalmente las propiedades atribuidas generalmente a los objetos. Por otra parte, todo lo que llegamos a conocer sobre los objetos físicos y sus cualidades parece estar basado en las cualidades de los *sensa* que llegamos a conocer mediante la percepción sensible. Si los *sensa* visuales no fueran alípticos y no variaran según mis movimientos, no podría yo afirmar haber visto un penique redondo.

Quizá pueda esclarecerse aún más la diferencia entre *sensum* y objeto físico exponiendo algunos otros ejemplos. Supongamos que estamos mirando un palo, una de cuyas mitades está sumergida en el agua. Decimos que parece estar doblado; e, indudablemente, no queremos decir con esto que pensamos aquivocadamente que está doblado; en general no cometemos ese error. Tenemos conocimiento de un objeto que se parece mucho al objeto del que tendríamos conocimiento si mirásemos un palo físicamente doblado, sumergido totalmente en el aire. El análisis más natural de los fenómenos es que, cuando consideramos que un palo recto *parece* doblado, tenemos conocimiento de un objeto que realmente *está* doblado, y que está relacionado en una forma íntima peculiar al palo físicamente derecho. La relación no puede consistir en la identidad, ya que la misma cosa no puede ser simultáneamente doblada y derecha, en el mismo sentido de las palabras. Si no existiera *nada* físicamente doblado ante nuestra mente y en ese momento, ¿por qué habríamos de pensar en dobleces, como lo hacemos al decir que el palo parece estar doblado? No cabe duda de que podemos muy bien considerar erróneamente que una propiedad está presente cuando en realidad no lo está, al tratar algo que sólo conocemos indirectamente, como, por ejemplo, Julio César o el Polo Norte. Pero nuestro ejemplo trata de un objeto visible concreto, el cual está físicamente presente en nuestros sentidos; y resulta muy difícil comprender cómo pudimos llegar a creer que *veíamos* la propiedad de estar doblado en un momento concreto, cuando, en realidad, no había *nada* presente ante nuestras mentes que poseyera tal propiedad.

Puesto que mi propósito es esclarecer lo más posible la teoría de los *sensa*, expondré otro ejemplo. Los científicos afirman a menudo que los objetos físicos no son «realmente» encarnados o calientes. No

se trata ahora de analizar la justeza o falsedad de tan extraño criterio; lo único que nos interesa es su aplicación al problema que nos ocupa. Supongamos, en aras de nuestra argumentación, que dicho criterio es justo. Cuando un científico mira un sello de un penique o se quema la boca con una patata caliente experimenta las mismas sensaciones que experimentarían los demás mortales que desconocen por completo las teorías científicas sobre la luz y el calor. La percepción visual puede describirse correctamente diciendo que cada uno de ellos tiene conocimiento de una mancha encarnada cuya forma es aproximadamente cuadrada. Si estas manchas no fueran en realidad encarnadas, y si las personas no tuvieran en realidad conocimiento de tales manchas, ¿de dónde habría surgido la noción de encarnado o de cualquier otro color? La teoría científica sobre el color no tendría nada que explicar si las personas no tuviesen, en realidad, conocimiento de manchas en diversas circunstancias, las cuales tienen, en realidad, diferentes colores. Los científicos se encontrarían en la misma posición que la duquesa del señor Munro, quien se congratulaba a sí misma porque la no creencia se había hecho imposible, ya que los teólogos liberales no nos habían dejado nada en que pudiéramos no creer. Por consiguiente, nos vemos obligados a aceptar, por lo menos, el punto de vista de que existen *sensa* calientes y de color; y si aceptamos la teoría científica de que los objetos físicos no son ni calientes ni de color, de ello se desprende que los *sensa* no pueden identificarse con objetos físicos.

Quizá el lector tienda a decir: «Después de todo, estos *sensa* no son reales; son meras apariencias. ¿Por qué, entonces, tenemos que preocuparnos de ellos?». La respuesta es que no podemos deshacernos de una cosa colgándole simplemente el rótulo de «apariencia». Las apariencias son, a su modo, tan reales como cualquier otra cosa. Si una apariencia no fuera nada en absoluto no aparecería nada, y si no apareciese nada las teorías científicas no tendrían nada que demostrar. Exponiéndolo en otros términos: palabras como «real» y «realidad» son ambiguas. Un penique redondo y un *sensum* elíptico visual no son reales exactamente en el mismo sentido. Pero ambos son reales en el sentido más general de que un inventario completo del universo debe mencionar tanto uno como otro. Sin duda, el tipo de realidad que debe atribuirse a las apariencias variará según el tipo de teoría que adoptemos respecto a la naturaleza de la apariencia sensible. Según la teoría que estamos examinando, una apariencia es un *sensum*, y un *sensum* es algo dotado de una existencia particular, si bien de corta duración. Según la Teoría de la Relación Múltiple, las apariencias comportan un tipo de realidad muy diferente. Pero *todas* las posibles teorías tienen que admitir, *en algún sentido*, la realidad de las apariencias; por tanto, a ninguna teoría se le puede objetar el hecho de atribuir a las apariencias un tipo de realidad.

Espero haber esclarecido debidamente la base sobre la que ha sido formulada la teoría del *sensum* relativa a la apariencia sensible. Estrechamente vinculada a ésta existe una teoría sobre la percepción de los objetos físicos, la cual nos permite resumir todo lo expuesto

del modo siguiente: en determinadas ocasiones experimento estados de mente llamados sensaciones. Estas sensaciones tienen objetos, los cuales están siempre dotados de existencias particulares concretas, como, por ejemplo, manchas de color o calientes, ruidos, olores, etc. Estos objetos son llamados *sensa*. Los *sensa* tienen propiedades tales como forma, tamaño, dureza, color, sonido, frialdad, etc. La existencia de tales *sensa*, y su presencia en nuestras mentes por la sensación, nos llevan a considerar que un objeto físico existe y está presente en nuestros sentidos. A este objeto físico le atribuimos diversas propiedades. Estas propiedades no son, en general, idénticas a las del *sensum* que se encuentra ante nuestra mente en el mismo momento. Por ejemplo, el *sensum elíptico* nos hace creer en la existencia de un penique físico *redondo*. Sin embargo, todas las propiedades que atribuimos a los objetos físicos se basan y están relacionados entre sí con las propiedades que en realidad caracterizan a nuestros *sensa*. Los *sensa* vinculados a un objeto físico x, en una determinada forma íntima especial, son llamados las apariencias de dicho objeto ante los observadores que sienten estos *sensa*. Las propiedades que *parece* tener x son las propiedades que *en realidad* tienen aquellos *sensa* que son las apariencias de x. Naturalmente, puede darse el caso de que ambas propiedades sean las mismas; por ejemplo, cuando miro un penique desde arriba, tanto el objeto físico como la apariencia visual son redondos. No obstante, generalmente existe únicamente una correlación entre los dos.

Se desprende de esta teoría que los *sensa* no pueden aparecer con propiedades que en realidad no tienen, aunque no existe razón alguna para suponer que no pueden tener más propiedades de las que notamos o podemos notar en ellos. Es muy probable que este punto requiera un mayor análisis, pues sobre este punto precisamente los oponentes a la teoría del *sensum* han dicho bastantes tonterías. Debemos distinguir entre no poder notar lo que está presente en un objeto y «notar» lo que no está presente en un objeto. Lo primero no presenta dificultad particular alguna. Puede muy bien existir en cualquier objeto, pero ser demasiado diminuto y obscuro para que podamos percibirlo claramente. Además, es evidente que podemos percibir con los sentidos un objeto sin que necesariamente conozcamos todas sus relaciones, incluso respecto a otro objeto que percibimos al mismo tiempo. Y más evidente aún es que podemos percibir con los sentidos un objeto sin conocer todas sus relaciones con cualquier otro objeto que no percibimos en el mismo momento. Por consiguiente, no existe dificultad alguna para suponer que los *sensa* pueden diferenciarse entre sí mucho más de lo que pensamos, y que dos *sensa* pueden, en realidad, ser distintos en calidad, cuando pensamos que son exactamente iguales. Argumentos tales como los de Stumpf corroboran esta última posibilidad.

La verdadera dificultad se presenta cuando creemos percibir directamente alguna propiedad en un objeto, cuando, en realidad, dicha propiedad no está presente y, como puede darse el caso, es incompatible con las otras propiedades presentes. Esta es la clase de difi-

cultad que se ve obligada a enfrentar la teoría del *sensum*. Parece que vemos el penique con una forma elíptica, cuando, en realidad, el penique tiene la incompatible cualidad de redondez. La solución que ofrece la teoría del *sensum* es 'cambiar el sujeto'. Según la teoría, *algo* es elíptico y algo es redondo; pero no son el mismo algo. Lo que es redondo es el penique y lo que es elíptico es el *sensum*. Pero esto, naturalmente, no sería una solución, puesto que la misma clase de dificultad surgiría respecto a los propios *sensa*. En ese caso tendríamos que postular apariencias de apariencias, y así indefinidamente.

Debemos partir del hecho, por lo que se refiere a las positivas cualidades sensibles que caracterizan un *sensum* como un todo único sin entrañar relaciones con otros *sensa*, que un *sensum* es, por lo menos, todo lo que parece ser. Que nosotros sepamos, nada evidencia lo contrario. Algunas personas han pensado que argumentos como los de Stumpf se hallan al origen de esta dificultad; pero esto es un error. Los argumentos de Stump se refieren únicamente a la relación de parecido y diferencia cualitativos entre diferentes *sensa*, demostrando que podemos pensar que dos de ellos son exactamente iguales cuando, en realidad, entre ellos existe una pequeña diferencia cualitativa o cuantitativa. Mas esto no quiere decir que siempre encontremos en un *sensum* una positiva cualidad no relacionada que en realidad no comporta.

Por otra parte, debemos recordar que los atributos que entrañan un factor negativo a menudo tienen nombres positivos. Una persona puede muy bien pensar, al observar uno de sus *sensa*, que éste es exactamente redondo y uniformemente encarnado. Pero puede estar equivocada. Sin embargo, «exactamente redondo» quiere decir «sin variación de curvatura», y «uniformemente encarnado» quiere decir «sin variación de matiz de una parte a otra». Pero criterios negativos universales como éstos no pueden ser garantizados nunca por la simple observación, por lo que, en tales casos, la persona no «está viendo propiedades que no existen ahí» en el sentido en que lo haría si un *sensum* redondo le pareciera a él elíptico. Resumiéndonos: no constituye una objeción a la teoría del *sensum* afirmar que un *sensum* puede parecer *menos* modificado de lo que en realidad es; constituiría una objeción si un *sensum* pareciera *más* modificado de lo que en realidad es; pero nada evidencia que esto último llegue a producirse.

Antes de seguir más adelante debemos eliminar un prejuicio infundado que a veces se manifiesta contra la teoría del *sensum*. Se objeta que, por lo general, desconocemos los *sensa* y sus propiedades, a menos que las busquemos de manera especial. Es un hecho que muchas veces se necesita bastante persuasión antes de que una persona llegue a creer que cuando mira un penique de canto éste le parece elíptico. Mas me temo que en muchas ocasiones, cuando la persona llega a estar persuadida, ello no se debe a su propia observación directa (que constituye la única evidencia de peso sobre esta cuestión), sino a un argumento absurdo y sin importancia, según el cual el área de su retina afectada por la luz que se desprende del penique forma una proyección oblicua de un círculo, siendo, por tanto, una elipse.

En efecto, se dice que no tenemos derecho a pensar que tal persona percibe directamente un objeto que en realidad es elíptico. A esta objeción ya se ha dado, por deducción, una respuesta parcial. Sólo cuando miramos un penique casi normalmente es cuando desaparecen las dudas sobre la elipticidad del *sensum;* y, en este caso, el *sensum* es, en realidad, casi redondo. Ahora vemos que no constituye objeción alguna a nuestra teoría el que un *sensum* que no es exactamente redondo deba parecer exactamente redondo, aunque sí sería una objeción que un *sensum* exactamente redondo pareciera elíptico. La razón es, naturalmente, que una elipse, con su curvatura variable, es una figura más modificada que un círculo con su curvatura uniforme. No existe dificultad alguna en el hecho de que pasamos por alto las pequeñas diferencias que en realidad están presentes en nuestros *sensa;* las dificultades surgirán sólo en el caso de llegar a notar diferencias que en realidad no existen.

Además de esta respuesta particular al tipo de objeción que nos ocupa podemos formular otra más general. Toda la argumentación descansa en una falta de comprensión sobre el punto de vista de la percepción sostenido por la teoría del *sensum.* Si la teoría afirmara que, al percibir un penique, una persona percibe antes un *sensum,* observando después que éste es elíptico, para luego inferir de este hecho y de las leyes de la perspectiva que está mirando un objeto físico redondo, el argumento sería fatal para la teoría del *sensum.* Pero está claro que esto no es así. Indudablemente, los criterios perceptibles están *basados* en los *sensa* y en las propiedades de éstos, hasta el punto de que, si no conociéramos un *sensum,* no podríamos juzgar la presencia en nuestros sentidos de cualquier objeto físico, y que si dicho *sensum* tuviera diferentes propiedades nosotros atribuiríamos diferentes propiedades al objeto físico. Pero la relación entre el *sensum* y sus propiedades, por una parte, y los criterios perceptibles sobre el objeto físico, por otra, no es de *inferencia.* La mejor analogía que podemos ofrecer de la relación entre nuestra sensación de un *sensum* y nuestra percepción de un objeto físico es el caso de lectura de un libro en un idioma conocido. Lo que normalmente nos interesa es el significado de las palabras impresas y no las peculiaridades de la impresión. No notamos explícitamente estas últimas, a menos que haya algo marcadamente incorrecto, como, por ejemplo, una letra al revés. Sin embargo, si no hubiera impresión no podríamos ver significado alguno, y si la impresión fuera diferente en ciertas formas específicas, reconoceríamos un significado diferente. *Podemos,* si queremos, prestar atención a la propia impresión, como es el caso al corregir pruebas. Exactamente del mismo modo, por lo general, no nos interesan los *sensa* como tales, sino sólo aquel que consideramos puede decirnos algo sobre los objetos físicos, lo cual sólo puede ayudarnos o perjudicarnos. De por sí, los *sensa* «no tienen ningún valor». Esa es la razón por la que pasamos automáticamente del *sensum* y sus propiedades a criterios sobre el objeto físico y sus propiedades. Si sucediera que el *sensum* fuera extraño, como cuando vemos doble, notamos el *sensum* del mismo modo que notamos una letra al revés. E incluso

en los casos normales podemos generalmente averiguar las propiedades de los *sensa* y contrastarlas con aquellas que llegamos a atribuir al objeto físico, siempre que prestemos una atención particular.

Por lo anteriormente expuesto no parecerá extraño que, incluso de haber *sensa,* éstos hayan pasado inadvertidos a la mayoría de la gente y a numerosos filósofos. Naturalmente, todo el mundo los siente constantemente y, en los casos particularmente anormales, nota la diferencia entre ellos y los objetos físicos. Pero los *sensa* nunca han sido objeto de especial interés, por lo que nunca se les ha dado un nombre en lenguaje corriente. Uno de los resultados de esto es que vocablos como «ver», «oir», etc., sean ambiguos. Algunas veces responden a actos de ver, cuyos objetos son, naturalmente, *sensa,* y algunas veces a actos de percepción, cuyos objetos deben ser partículas de Materia y sus cualidades sensibles. Esto resulta particularmente evidente respecto al hecho de oir. Nos referimos a «oir un ruido» y a «oir una campana». En el primer caso queremos decir que sentimos un *sensum* auditivo, con determinados atributos de tono, sonoridad, calidad, etc. En el segundo caso queremos decir que, como consecuencia de haber sentido tal *sensum,* consideramos que existe y está presente en nuestros sentidos un determinado objeto físico. Aquí el vocablo «oir» responde a un acto de percepción. Las mismas observaciones cabe hacer respecto a la vista. En un sentido vemos un penique; en un sentido algo más estricto vemos sólo un lado del penique; en otro sentido vemos sólo un *sensum* marrón elíptico. Los dos primeros casos se refieren a actos de percepción, y el último a un acto sensible. En general, lo más acertado es limitar vocablos tales como «ver» y «oir» a actos de percepción. Este es, naturalmente, el uso corriente. Por tanto, me referiré al hecho de ver un penique, pero no al hecho de ver un *sensum* marrón elíptico. Consideraré el segundo tipo de cognición como «percepción visual» o simplemente como «percepción», siempre que no corra el riesgo de una mala interpretación al abandonar el adjetivo. Cuando abordemos el tema de las percepciones ilusorias veremos que esta distinción tiene gran importancia.

He tratado, pues, de esclarecer ciertas ambigüedades de la teoría del *sensum* y eliminar algunas objeciones erróneas formuladas por numerosas personas en contra de dicha teoría. Si admitimos que pueden existir tales cosas como *sensa* y que la teoría del *sensum* proporciona una posible e incluso plausible forma de analizar la apariencia sensible, podemos pasar a la cuestión de la naturaleza de los *sensa* y el lugar que éstos ocupan en el universo. Esta cuestión se divide en dos aspectos, o sea: 1) la relación de los *sensa* con las mentes, y 2) su relación con los objetos físicos. Ninguno de estos dos aspectos puede exponerse totalmente a estas alturas, pero podemos plantear muchas cuestiones importantes y útiles sobre los mismos.

I) ¿SON LOS «SENSA» EN ALGUN MODO MENTALES?

Numerosos filósofos han considerado que los *sensa* son en cierto modo mentales. Esta opinión se basa, en parte, en meras confusiones

verbales y, en parte, en hechos auténticos. La confusión verbal se debe a que el vocablo «sensación» ha sido utilizado a menudo de forma ambigua, y también a que en uno de sus significados responde indudablemente a algo mental. Cuando una persona habla de una «sensación de encarnado» a veces se refiere a una mancha encarnada que él percibe, a veces a su acto de percibir la mancha y a veces al complejo estado de cosas, el cual, según la teoría del *sensum*, puede analizarse en (acto de percepción) dirigido a (mancha encarnada). En el segundo significado «sensación» es, evidentemente, algo mental; en el tercero es, sin duda, un complejo todo único que entraña un factor mental. En el primer significado no es natural ni verosímil decir que una sensación es mental. Yo siempre utilizaré «sensación» en su tercer significado. Ahora bien, como el mismo vocablo es a menudo utilizado tanto respecto a la mancha como respecto a algo que sin duda es mental o es un complejo que entraña un factor mental, no es de extrañar que algunas personas sean propensas a pensar que la propia mancha encarnada es mental, puesto que es una «sensación» y ¿no es una sensación un estado mental? Esto es, naturalmente, una confusión verbal que no debe preocuparnos. Pero los filósofos que no han caído en esta confusión entre *sensum*, sensación y acto de sentir, mantienen, no obstante, que los *sensa* son mentales. El más ardiente defensor actual de esta opinión es el profesor Stout (al menos la sostenía cuando escribió la última edición de su *Manual of Psychology)*.

Antes de seguir analizando este punto debemos esclarecer los diversos significados que pueden atribuirse al criterio de que «*x* es mental».

1) La primera distinción que debemos hacer es la que existe entre ser «un estado de mente» y ser «dependiente de la mente». Generalmente se mantiene (y no tengo aquí el propósito de desmentirlo) que cualquiera que sea el estado de la mente éste es dependiente de la mente, es decir, que no podría existir como componente de *una* mente y que sólo puede existir como componente de *aquella particular* mente a cuyo estado pertenece. Un ejemplo de ello puede ser mi creencia de que $2+2=4$ o mi deseo de tomar té. Pero es perfectamente posible que un término pueda ser dependiente de la mente sin ser un estado de mente de alguien. ¿Qué quiere decir esto? En mi opinión quiere decir que tal término sólo puede existir como componente de un *estado de mente*, pero que de por sí no es un componente de una mente. Tomemos cualquier estado de mente reconocido, como, por ejemplo, mi percepción de mi mesa. Ahí aparece claramente un importante sentido que todos admitimos, aunque ninguno de nosotros puede definirlo, sobre el que resulta cierto afirmar que esta percepción es un componente de mi mente, mientras que la mesa no lo es. Yo diría que también existe un importante sentido (aunque muy diferente) el que resulta cierto afirmar que la mesa es un componente de mi percepción de ella, mientras dura tal percepción. Por eso es muy corriente que un término sea un componente de uno de mis estados de mente sin ser un componente (y, por tanto, un estado) de mi mente. Ahora bien, si las sillas no son lo que generalmente se

supone que son, éstas no *sólo* existen como componentes de estados de mente, ya que, por lo general, se considera que tales objetos siguen existiendo con pequeños o ningún cambio cualitativo cuando dejamos de percibirlos. Pero, del mismo modo que los estados de mente sólo pueden existir como componentes de mentes, *podrá* haber términos que *sólo* puedan existir como componentes de estados de mente. Estos términos serían dependientes de la mente sin ser estados de mente. Si el famoso aserto de Berkeley de que «la esencia de un objeto sensible debe percibirse» se tomara literalmente, ello implicaría que tales objetos son dependientes de la mente aun cuando no *implica* (aunque es, naturalmente, *compatible con)* el punto de vista de que son estados de mente.

2) Incluso después de hacer esta distinción existe una posibilidad de confusión. Debemos distinguir también entre dos sentidos, uno más y otro menos radical, de «dependencia de la mente». El sentido que acabamos de analizar es más radical y puede llamarse dependencia existencial de la mente. Un término que es existencialmente dependiente de la mente sólo puede existir como componente de un estado de mente determinado. Pero un término que no es existencialmente dependiente de la mente puede ser, hasta cierto punto, «cualitativamente dependiente de la mente». Con esto quiero decir que, aun cuando puede existir y tener cualidades no siendo componente de ningún estado de mente, puede adquirir nuevas cualidades o cambiar algunas de sus antiguas cualidades al transformarse en componente de un estado de mente. Es evidente que todo lo que en algún período de su historia se transforma en componente de cualquier estado de mente adquiere de tal modo una nueva cualidad al menos, o sea, que ahora es admitido, o deseado, o rehuido, etc., por la mente. Y, en principio, no veo ninguna razón por la que estos cambios de relación no puedan producir cambios en las cualidades no relativas del objeto. Si la cera se derrite cuando es introducida en la relación de proximidad a un fuego, no veo la razón por la que ciertas cualidades de un objeto no puedan ser añadidas o modificadas al ser aquél introducido en la relación de ser percibido por la mente.

3) Algunos psicólogos, entre ellos Stout, han hecho una distinción fundamental entre dos clases de estados de mente, dividiéndolos en actos y no actos. A un estado de mente que no es un acto dan el nombre de *presentación.* Pero, por razones que expondré a renglón seguido, propongo formular esta distinción de manera diferente. Algunos párrafos más atrás hemos examinado mi percepción de una mesa como ejemplo indudable de un estado de mente. Afirmé, además, que no cabe duda de que la mesa es un componente de aquélla. Es decir, tomé toda la compleja situación (mi percepción)-de-(mesa) como un estado de mente. Lo que Stout llama «acto» es «mi percepción». A esto lo llama él «estado de mente», y lo llamo yo «componente de un estado de mente». La mesa no es un componente del estado de mente, en el sentido que da Stout a la palabra, mientras que es un componente de mi estado de mente, en el sentido que doy yo a la palabra. De acuerdo con mi terminología, el acto puede describirse como el

componente no objetivo en un estado de mente cuyo otro componente es su objeto. Un acto es algo que no puede existir de por sí, sino sólo como componente de un complejo, cuyo otro componente es su objeto. El acto es, naturalmente, el factor mental característico de tal complejo, ya que el otro componente puede ser (aunque no necesariamente) no mental. La razón por la que llamo estado de mente a todo el complejo fenómeno en su conjunto, y no al propio acto, es la siguiente: prácticamente todo el mundo coincide en que la formulación «mi percepción de la mesa» describe algo real. Mas las personas difieren mucho en lo que respecta al justo análisis de este hecho, y el concepto de «acto» es vinculado a una forma particular de análisis que no todos aceptarían. Por tanto, me parece mejor llamar «estado de mente» al *hecho* en cuya existencia coincide todo el mundo, y no a un supuesto componente que algunas personas consideran no está presente en él.

No entraña dificultad alguna formular la distinción que hace Stout empleando mi terminología. Algunos estados mentales pueden analizarse como actos dirigidos hacia un objeto. Estos son estados de mente de no-presentación. Otros no pueden analizarse como acto y objeto; éstos son presentaciones. Un estado de no presentación puede contener como objeto una presentación. Por ejemplo, sentir un dolor de muelas es, según el punto de vista de Stout, una presentación. Según él, *es* mental y *no* puede analizarse en un acto de sentir y un objeto «dolor-muelas»; es simplemente un estado de mente «dolormuelas». Ahora bien, si yo tuviera que hacer una introspección de mi dolor de muelas para poder describírselo al dentista mi introspección sería un estado de mente de no-presentación cuyo objeto es una presentación, pues es un complejo que contiene un acto de introspección dirigido hacia un sentir de dolor de muelas. La percepción de una silla puede ser un ejemplo de un estado de mente de no-presentación, cuyo objeto no es una presentación, puesto que no es mental.

Ahora estamos en mejores condiciones de poder abordar la siguiente pregunta: «¿Son los *sensa* mentales?». Esto puede significar: 1) ¿Son actos? 2) ¿Son estados de mente analizables en acto y objeto? 3) ¿Son presentaciones? 4) ¿Son dependientes de la mente existencialmente, aun no siendo estados de mente? 5) ¿Son hasta cierto punto cualitativamente dependientes de la mente, aun no siendo dependientes de la mente existencialmente?

Jamás ha sugerido nadie que los *sensa* son actos o que son estados de mente analizables en acto y objeto. Una mancha encarnada sentida por mí cuando miro un buzón es un ejemplo de *sensum*. Es posible sostener que el hecho reconocido como «mi sensación de mancha encarnada» es un estado de mente, analizable en acto de sentir y mancha encarnada sentida. Pero no es plausible mantener que la propia mancha encarnada es un acto, o que puede ser dividida en acto y objeto. Así, pues, si los *sensa* han de ser estados de mente, tendrán que ser presentaciones. Pero la afirmación de que los *sensa* son presentaciones comporta dos puntos de vista muy diferentes. Uno de ellos negaría el análisis de «mi sensación de mancha encarnada» en acto de sentir y

sensum encarnado. Consideraría todo ello como un estado de mente inanalizable, y, por tanto, como una presentación. Según este punto de vista se mantendría que no existe distinción alguna entre *sensa* y sensaciones; se diría que «sensación de mancha encarnada» = «mancha encarnada sentida», y que es una presentación *. El otro punto de vista admitiría que en mi sensación de encarnado podemos distinguir entre mi acto de sentir y la mancha encarnada sentida; mas mantendría que la propia mancha encarnada es un estado de mente, y, al ser indivisible en acto y objeto, es una presentación. No creo que la mayoría de los filósofos hayan efectuado una clara distinción entre estas dos variantes de la teoría de la presentación de los *sensa*. Además, aquellos filósofos que han aceptado el análisis de las sensaciones en actos de sentir y *sensa*, afirmando que los *sensa* son mentales, raras veces han distinguido claramente que los *sensa* son presentaciones y que aquéllos son dependientes de la mente sin ser estados de mente. Y, por último, no siempre se ha visto claramente la distinción entre dependencia existencial de la mente y cualitativa dependencia de la mente. Así que nos encontramos ante una confusión de bastante importancia que debemos esclarecer lo mejor posible.

1) ¿Son las sensaciones analizables en acto de sentir y sensum?

El argumento más plausible contra este análisis parece ser el siguiente: Si consideramos las diversas experiencias llamadas «sensaciones» podemos clasificarlas, comenzando por las de la vista, pasando por las del sabor y el olor, para terminar con las sensaciones corporales, como el dolor de cabeza. Por lo que se refiere a las primeras, el análisis en acto de sentir y objeto sentido no presenta dificultad alguna; está claro que una sensación de encarnado quiere decir un estado de mente con un objeto encarnado y no un estado de mente encarnado.

Si ahora abordamos las sensaciones que figuran al final de la serie lo contrario aparece como cierto. No es en modo alguno evidente que una sensación de dolor de cabeza entrañe un acto de sentir y un objeto «dolorcabeza»; por el contrario, resulta más verosímil describir la experiencia en su conjunto como un estado de mente «dolorcabeza». En realidad, aquí parece haber desaparecido la distinción entre acto y objeto; y puesto que, evidentemente, existe *algo* mental al sentir un dolor de cabeza, como es el caso al sentir una mancha encarnada, parece plausible sostener que una sensación de dolor de cabeza es un hecho mental inanalizable, dentro del cual no puede hallarse distinción entre acto y objeto.

Ahora bien, este contraste entre los primeros y últimos miembros de la serie no tendría gran importancia si no fuera porque las dos clases de sensación que se encuentran en el centro parecen confundirse insensiblemente entre sí. Resulta igualmente posible analizar una sen-

* Esta parece ser la opinión de Stout en su *Manual of Psychology*, mas quizá sea errónea mi interpretación.

sación de sabor dulce en un acto de sentir y un *sensum* dulce, como considerarla un hecho mental inanalizable, carente de objeto, pero que posee la propiedad de dulce. El lenguaje común admite estas distinciones. Nos referimos a sensación de encarnado, pero nunca a un sentir de encarnado o a un sentir encarnado. Por otra parte, hablamos indiferentemente de una sensación de dolor de cabeza, de un sentir dolor de cabeza, de una sensación «dolorcabeza» y un sentido «dolorcabeza». Los ingleses hablan de una sensación de olor, mientras que los escoceses hablan, por lo general, de «sentir» un olor. Pero las sensaciones de olor se encuentran precisamente en el límite entre las dos clases de sensación. La regla consiste en que una experiencia sensible que entraña, evidentemente, acto y objeto, es llamada sensación y nunca sentido; cuando resulta dudosa la aplicación de tal análisis se llama indiferentemente sentido o sensación.

Ahora bien, el hecho de que todas estas experiencias estén clasificadas en su conjunto como sensaciones, y que las dos clases se confundan entre sí en el centro, nos lleva, naturalmente, a tratarlas a todas del mismo modo. Si así lo hacemos, debemos partir del principio, o bien *a)* que es erróneo pensar que una sensación de encarnado *puede* analizarse en un acto de sentir y un *sensum* encarnado, o *b)* que es erróneo pensar que una sensación de dolor de cabeza *no puede* analizarse en un acto de sentir y un *sensum* «dolorcabeza». La primera alternativa hace que la sensación y el *sensum* integren juntos un peculiar estado único, incluso en el caso de la vista; y, puesto que la experiencia, en su conjunto, es evidentemente mental, debemos decir que una sensación de encarnado = un *sensum* encarnado = un sentido o presentación que es encarnado. La segunda alternativa es la adoptada por los realistas, como los profesores Laird y Alexander.

Ahora está claro que, si persistimos en tratar todas las experiencias llamadas «sensaciones» del mismo modo, resulta tan razonable adoptar la alternativa Laird-Alexander como la alternativa de presentación. Puede argüirse: «Está claro que una sensación de encarnado entraña un acto de sentir y un *sensum* encarnado, por lo que una sensación de dolor de cabeza debe entrañar un acto de sentir y un *sensum* «dolorcabeza». Siendo así, el mero hecho de que las sensaciones puedan clasificarse como he descrito anteriormente no favorece *particularmente* el punto de vista de presentación, ya que exactamente el mismo tipo de argumento, empezando por el otro extremo de la serie, conduciría a una conclusión exactamente opuesta. Quedan por hacer dos observaciones interesantes sobre este punto.

a) No considero el punto de vista realista ni el punto de vista de presentación muy satisfactorios como apreciación completa de todas las experiencias llamadas «sensaciones». Pero, si estuviera obligado a adoptar una u otra alternativa, preferiría la primera. Me parece mucho más acertado decir que en una sensación de encarnado *puedo* distinguir la mancha encarnada y el acto de sentir, que en una sensación de dolor de cabeza *no puedo* distinguir un objeto «dolorcabeza» y un acto de sentirlo. *b)* Pienso, no obstante, que no hay necesidad de insistir en el análisis realista de los sentidos corporales para abor-

dar la cuestión de saber si las sensaciones son analizables en acto de sentir y *sensum*. En mi opinión, la forma más sencilla y menos dudosa de abordar toda la cuestión planteada por la serie de sensaciones es la siguiente: la palabra «sensación», como se utiliza generalmente, no es definida por observación directa, sino por causalidad. Decimos que tenemos una sensación si nuestro estado de mente es la respuesta inmediata a la estimulación de un nervio. Pero, como las sensaciones no son definidas psicológicamente a través de sus propiedades intrínsecas, sino psicológicamente a través de sus precedentes corporales, es muy probable que entrañen dos experiencias muy diferentes, una de las cuales puede y la otra no puede ser analizada en acto de sentir y *sensum*. Estas pueden llamarse «sensaciones verdaderas» y «sentidos corporales», respectivamente. El mero hecho de que ambas sean a menudo *llamadas* «sensaciones» es, sin duda, una razón poco sólida para persistir en afirmar que la estructura de ambas debe ser igual. Es indudable que hay casos marginales de los que resulta difícil decir a qué clase corresponden. Mas esto no debe llevarnos a menospreciar la simple diferencia introspectiva entre los primeros y los últimos miembros de la serie. Por lo menos parece estar claro que los primeros entrañan actos de sentir y *sensa* hacia los que van dirigidos tales actos. Igualmente evidente parece ser que, cuando tengo una sensación de una mancha triangular encarnada, algunas propiedades de la propia mancha son ciertas (por ejemplo, que es encarnada y triangular), lo cual es muy difícil creer que es cierto respecto a mi sensación de la mancha encarnada. Si esto es así, parece necesario sostener que la sensación y el *sensum* no son idénticos; que el *sensum* es un componente objetivo de la sensación; y que hay otro componente que no es objetivo y que puede llamarse «acto de sentir». No necesitamos ahora abordar la cuestión de si este último factor puede ser analizado y, en tal caso, cuál es el justo análisis que le corresponde.

Como conclusión puede afirmarse que algunas sensaciones son, por lo menos, analizables en acto de sentir y *sensum*, por lo que no podemos argüir que *sensum* = sensación = una presentación.

2) ¿Son los propios «sensa» presentaciones, aun siendo distintos a sensaciones?

Aunque las sensaciones no son presentaciones, sino que contienen objetos, que son *sensa*, es perfectamente posible que estos objetos sean presentaciones. Para demostrar que los *sensa* son presentaciones es necesario demostrar antes que aquéllos son estados de mente; y esto entraña la demostración de: *a)* que son dependientes de la mente existencialmente, y *b)* que son componentes de mentes y no simplemente de determinados estados de mente. Naturalmente, sería posible demostrar la primera, aun no siendo posible demostrar la segunda de estas proposiciones. No conozco ningún argumento razonable capaz de demostrar que los *sensa* no son simplemente dependientes de la mente, sino también estados de mente, una vez aceptada la idea de que los

sensa deben distinguirse de las sensaciones. Cierto que el aserto sería objeto de la misma clase de objeción que formulamos contra el punto de vista de que los *sensa* y las sensaciones pueden identificarse. Ambos puntos de vista sostienen que algo puede ser un estado de mente, aunque posea propiedades que resulta muy difícil atribuir a estados de mente. Si un *sensum* es un estado de mente existen estados de mente que son literalmente encarnados o redondos, calientes o ruidosos, o triangulares, etc. No presenta ninguna dificultad creer que muchos estados de mente *contienen* tales términos como objetos, pero sí resulta muy difícil creer que cualquier estado de mente, en realidad, *es* un término de este tipo. Sin embargo, esto último se halla implícito en el criterio de que los *sensa* son presentaciones, lo mismo que en el criterio de que las sensaciones son presentaciones. En realidad, las razones que nos obligan a distinguir las sensaciones de los *sensa* y a considerar estos últimos como objetos contenidos en las primeras nos impiden considerar a los propios *sensa* como estados de mente. Esta objeción *puede* ser, naturalmente, un mero prejuicio; pero *merece* la pena señalar que la opinión relativa a que los *sensa* son presentaciones implica lógicamente las propiedades extremadamente paradójicas de que algunos estados de mente son literalmente calientes o encarnados, ya que la mayoría de los filósofos que han mantenido la opinión que nos ocupa han logrado mantener oculta esta consecuencia, tanto para ellos mismos como para sus lectores. Por tanto, rechazo la idea de que los *sensa* son estados de mente, hasta que alguien presente razones mucho más convincentes de las que hasta ahora se han presentado para creer en una proposición tan paradójica.

Existen, no obstante, argumentos totalmente plausibles para demostrar que los *sensa* son existencialmente dependientes de la mente, si bien no son estados de mente. Es decir, aunque las sensaciones son analizables en acto y *sensum*, y el *sensum* tenga, por tanto, que distinguirse tanto de la sensación como del acto de sentir, lo cual es otro factor de la sensación, estos dos factores no pueden existir separados el uno del otro. No puede haber acto de sentir sin algún *sensum* que esté dirigido a tal acto, y no puede haber *sensum* sin un acto de sentir dirigido a aquél. Los argumentos en favor de esta opinión son tres: *a)* La cualidad privativa y variabilidad de los *sensa*. *b)* La analogía entre *sensa* y sentidos corporales. *c)* La analogía entre *sensa* y las llamadas «imágenes mentales».

a) Inmediatamente observamos que los *sensa* comportan algunas de las características de los objetos físicos y algunas de los estados de mente. Por otra parte, son prolongados, y tienen formas, tamaños, colores, temperaturas, etc. Además, aparecen como privados a cada observador; y esto, como se recordará, es una de las principales características que diferencian lo mental de lo físico. Es por lo menos dudoso que dos personas, que dicen estar mirando al mismo objeto, sientan el mismo *sensum* o incluso dos *sensa* muy parecidos. Esto indica que los *sensa* son mentales, por lo menos en el sentido de que son dependientes de la mente.

Pero si reflexionamos más detenidamente vemos que esta conclu-

sión no es necesariamente la más justa. En general, los fenómenos pueden explicarse mucho mejor suponiendo que los *sensa* que siente un hombre dependen en parte de la posición, estado interno y estructura de su cuerpo. Puesto que los cuerpos de dos personas no pueden estar exactamente en el mismo sitio, exactamente en el mismo momento, no hay nada de extraño en que los *sensa* de las dos personas sean diferentes. Y, puesto que los estados internos y la estructura de dos cuerpos animados no son exactamente iguales, ello resulta aún menos extraño. Ahora bien, esta explicación no sólo es *tan* valedera para la mayoría de los fenómenos como la opinión de que los *sensa* son dependientes de la mente, sino que explica mucho mejor algunos de los fenómenos más conspicuos. La variación metódica en las formas de los *sensa* visuales, a medida que nos movemos, resulta inteligible si suponemos que los *sensa* que sentimos están en parte condicionados por las posiciones de nuestros cuerpos. La suposición de que dependen de nuestras mentes no explica en absoluto tales fenómenos.

Existe, sin embargo, una forma mejor de presentar este argumento, que considero ha sido en cierto modo despreciado por personas que desean mantener que los *sensa nunca* dependen de la mente en grado alguno. Para mí es indudable que en determinados casos, y hasta cierto punto, nuestras experiencias pasadas y nuestras expectativas presentes influyen en las verdaderas propiedades de los *sensa* que sentimos, y que no influyen simplemente en los criterios sobre objetos físicos que formulamos basándonos en los *sensa*. Analizaremos esta cuestión más detalladamente en otro capítulo; ahora me limitaré a ilustrar lo que quiero decir mediante dos ejemplos.

Cuando miro la «figura de escalera» que incluyen casi todos los libros de texto de psicología como ejemplo de figuras ambiguas, me parece que de cuando en cuando aparece sensiblemente diferente. Según la miro, su apariencia sensible cambia «de un golpe» de la de una escalera a la de una cornisa voladiza. Este cambio tiende a producirse según concentro mi mente en la idea de una o en la idea de otra. Ahora bien, en el actual análisis de la apariencia sensible un cambio como éste entraña un verdadero cambio cualitativo en el *sensum*. Tan lejos está de ser un mero cambio en los criterios que formulo sobre la base del mismo *sensum*, que la dirección de mis pensamientos cambia antes y constituye la condición del cambio en la apariencia sensible.

Además, cuando giro la cabeza, no influye, por lo general, ningún movimiento sensible sobre los *sensa* visuales. Pero si me pongo los lentes desenfocados o miro a través de una ventana de cristal grueso irregular, y después vuelvo la cabeza, los *sensa* se mueven sensiblemente. Que se muevan o permanezcan inmóviles parece depender de mis pasadas experiencias y mis actuales expectativas sobre objetos físicos. Toda la psicología visual está llena de casos como éste, algunos de ellos de un tipo extremadamente complejo.

Está claro que estos ejemplos no indican en absoluto que los *sensa* son existencialmente dependientes de la mente, sino que son en cierta medida cualitativamente dependientes de la mente. Y aquí no puede

decirse, como en ejemplos anteriores, que la referencia a la mente no ayuda a explicar los fenómenos. En este caso las cosas han cambiado. Indudablemente, los hechos que acabamos de mencionar podrían ser explicados *teóricamente* haciendo referencia a la historia pasada del *cuerpo*, así como a su estado y posición actuales. Es decir, que yo podría hablar con pleno conocimiento de causa sobre las huellas dejadas por las experiencias pasadas en nuestros sistemas nerviosos y nuestras mentes, pudiendo afirmar que éstos se encuentran entre las condiciones de nuestros *sensa*. Pero esto no nos ayudaría a explicar ninguna de las características concretas de nuestros *sensa* en un caso particular. La simple realidad es que a menudo sabemos qué experiencias importantes hemos tenido nosotros u otros, mientras que no sabemos nada detallado sobre las huellas que han quedado en la mente y el sistema nervioso. Así, pues, en este caso, una referencia a las condiciones *mentales* explica fenómenos concretos, mientras que una referencia a condiciones *corporales* no los explica. Más adelante analizaremos de nuevo este punto.

b) Ya hemos examinado la serie de «sensaciones», partiendo de las sensaciones de color y sonido, hasta llegar a los sentidos corporales. Observamos que esto puede utilizarse como argumento para demostrar que incluso sensaciones de color y sonido son presentaciones, o igualmente como argumento para demostrar que incluso la sensación de dolor de cabeza puede dividirse en acto y objeto. Supongamos que adoptamos la segunda alternativa, la cual, como ya he dicho, considero ser la más plausible de las dos, aunque los hechos no nos obliguen a adoptarla. De este modo es posible presentar un argumento bastante convincente en apoyo de la teoría según la cual los *sensa* son existencialmente dependientes de la mente. Dicho argumento sería el siguiente: «Admitiendo que una sensación de dolor de cabeza puede analizarse en acto de sentir y *sensum* «dolorcabeza», es natural que este último, por su propia naturaleza, no pueda existir sin el primero. Un dolor de cabeza no sentido es, sin duda, un mero *Unding*. Ahora bien, si esto es cierto respecto a los *sensa* «dolorcabeza», la propia continuidad en la serie de sensaciones sobre la que tanto se ha insistido hace que sea muy probablemente cierto también respecto a los *sensa* encarnados y a todos los *sensa*. En tal caso los *sensa* serán, por su propia naturaleza, experimentalmente dependientes de la mente e incapaces de existir salvo como componentes objetivos de sensaciones».

Estimo que éste es un argumento completamente verosímil, si bien no conclusivo. Respecto a él podrían plantearse dos preguntas: *a)* Suponiendo que fuera cierto que un dolor de cabeza no sentido es inconcebible, ¿puede la continuidad en la serie de experiencias llamadas «sensaciones» justificar el que nosotros concedamos esta conclusión a todos los *sensa* y, en particular, a los *sensa* visuales y auditivos? En segundo lugar, *b)* ¿Es realmente cierto que un dolor de cabeza no sentido es inconcebible? *a)* A la primera pregunta puedo responder que no veo la más mínima dificultad intrínseca en concebir la existencia de manchas encarnadas no sentidas o de ruidos no sentidos, mientras que me resulta muy difícil concebir la existencia de dolores

de cabeza no sentidos. No creo que sea incólume rechazar esta simple diferencia sobre la base de un mero argumento sustraído de la continuidad.

b) Por otra parte, creo ver por qué parece tan difícil concebir la existencia de dolores de cabeza no sentidos, y considero también que esta dificultad no es conclusiva. Lo que fundamentalmente nos interesa respecto a los sentidos corporales es que éstos son agradables o dolorosos; las sensaciones visuales son, por lo general, intrínsecamente neutrales o casi intrínsecamente neutrales. Ahora estoy en condiciones de creer que tenemos que percibir un objeto para que pueda sernos agradable o doloroso, ya que considero que el agrado o la calidad de penoso de cualquier cosa es (o por lo menos depende de) mi percepción de tal cosa y la determinada actitud de agrado o desagrado que adopto respecto a ella. Puede, por tanto, ser absolutamente cierto que un dolor de cabeza no sentido no sea *un dolor*, del mismo modo que una mujer no casada no es una esposa. Puesto que estamos principalmente interesados en dolores de cabeza como dolores, tendemos a pensar que un dolor de cabeza no sentido es *nada*, cuando la sencilla verdad es que no es un *dolor*. Esto podría compararse con el error que cometería un fanático admirador del matrimonio si despreciara la existencia de todas las solteras porque no son esposas. Por tanto, yo no estoy convencido de que si una sensación de dolor de cabeza es una sensación auténtica y no una mera presentación, el *sensum* «dolorcabeza» que contiene no pueda existir sin ser sentido. Y menos aún podría aplicar esta opinión a los *sensa* visuales y auditivos.

c) El tercer argumento en apoyo de la teoría de que los *sensa* no pueden existir sin ser sentidos se basa en su parecido con las «imágenes mentales», cuyo propio nombre implica que generalmente se supone ser existencialmente dependientes de la mente, si no realmente estados de mente. El parecido debe admitirse, aun cuando en casos favorables parece haber alguna diferencia intrínseca fácil de percibir, pero difícil de describir. Lo que me parece dudoso es que las imágenes sean existencialmente dependientes de la mente. No veo razón alguna de peso por la que no puedan ser imágenes «inimaginadas». Es, naturalmente, absolutamente cierto que las imágenes son cualitativamente dependientes de la mente en una medida mucho mayor que los *sensa*. La mayoría, si no todas, dependen de nuestras experiencias pasadas; y muchas de ellas dependen en parte de nuestras voliciones actuales. No cabe duda de que las imágenes voluntarias dependen de nuestras mentes en el sentido de que no serían imaginadas aquí, y ahora, si no las *deseáramos*. Pero lo mismo es cierto respecto a muchas cosas que nadie consideraría existencialmente dependientes de la mente. La mayor parte de las reacciones químicas que se producen en un laboratorio no hubieran acaecido jamás si no hubiera habido alguien que deliberadamente mezclara los reactivos en una redoma calentando después esta última sobre una llama. Nadie supone que, debido a ellos, estas reacciones sean, en ningún sentido importante, dependientes de la mente. Por tanto, el hecho de que algunas imá-

genes son voluntarias carece de importancia respecto a la cuestión que nos ocupa.

El otro punto de que todas las imágenes que ahora podemos imaginar están en parte determinadas en sus características por nuestras experiencias pasadas reviste más importancia. Esto debe tenerse en cuenta junto al hecho, ya admitido, de que muchos *sensa* son, en cierta medida, cualitativamente dependientes de la mente. En este caso, como en anteriores, podemos, si queremos, hacer referencia a las huellas en nuestros sistemas nerviosos y en nuestras mentes. Pero también aquí queda la duda de si esta clase de explicación tiene, en última instancia, alguna importancia filosófica, teniendo en cuenta el hecho de que a menudo sabemos directamente cuáles son nuestras importantes experiencias pasadas, mientras que las huellas, etc., del fisiólogo son correlativos corporales puramente hipotéticos de aquéllas. Habremos de abandonar el examen de esta cuestión hasta que abordemos el problema del papel que desempeñan nuestros propios cuerpos en la sensación y la imaginación.

Trataré ahora de resumir los resultados del largo y complejo análisis que hemos efectuado sobre la relación de los *sensa* respecto de la mente y los estados de la misma. La teoría del *sensum* está ligada a un punto de vista especial referente al justo análisis de la clase de fenómeno que se describe en fórmulas tales como «mi sensación de *x*». Según este punto de vista, esto es un complejo, dentro del cual pueden distinguirse dos factores: el propio *x*, que es el *sensum* y es un objeto, y un factor subjetivo, llamado el «acto de sentir». Este último puede, naturalmente, ser objeto de un ulterior análisis, como, por ejemplo, el que Russell intenta efectuar en su *Analysis of Mind*, o puede ser (o contener) una relación peculiar inanalizable. Pero existe también una teoría que rechaza el análisis de «mi sensación de *x*» de esta forma. Según esta teoría, el fenómeno en su conjunto es inanalizable en acto y objeto. Partiendo de este punto de vista desaparece la distinción entre *sensum* y sensación; y la experiencia, la cual puede llamarse indiferentemente de ambas formas, es un estado mental de la clase denominada *presentaciones*. Esta opinión se basa en la referencia a sentidos corporales y en un argumento que no tiene en cuenta la continuidad entre éstos y las sensaciones superiores. Contra esta opinión expusimos *a)* que con la misma razón se podría utilizar el argumento de continuidad para hacer la demostración contraria, y *b)* que es muy posible que, pese a la continuidad, exista una verdadera diferencia de naturaleza entre las sensaciones auténticas y los sentidos corporales. En apoyo de la opinión de que las sensaciones auténticas pueden analizarse en acto y objeto señalamos que parece existir una clara diferencia entre una mancha encarnada sentida por mí y el fenómeno en su conjunto descrito como «mi sensación de una mancha encarnada». También indicamos que quienes se niegan a hacer este análisis se ven obligados a llegar a la paradójica conclusión de que existen estados mentales que son literalmente encarnados, redondos, calientes, ruidosos, etc.

A continuación abordamos el punto siguiente. Suponiendo que las

sensaciones puedan ser analizadas en acto de sentir y *sensum*, planteamos la pregunta de saber si los *sensa* son estados mentales o, en caso contrario, si son existencialmente dependientes de la mente. Llegamos al acuerdo de que, si son efectivamente estados mentales, no pueden ser más que presentaciones. Mas no encontramos razón positiva alguna para *pensar* que son estados mentales, y las mismas razones *contra* tal punto de vista nos condujeron a sostener que las sensaciones pueden analizarse en acto y *sensum*.

Después examinamos tres argumentos más o menos convincentes para mostrar que los *sensa* son existencialmente dependientes de la mente, es decir, que sólo pueden existir como componentes objetivos de las sensaciones. No encontramos razón intrínseca alguna por la que las manchas de color o los ruidos no puedan existir sin ser sentidos. Y nos negamos a dejarnos apartar de esta idea por un argumento basado en la continuidad de los sentidos corporales. Y ello porque no estábamos ni mucho menos convencidos de que los sentidos corporales pueden ser realmente analizados en acto de sentir y *sensum;* a este respecto indicamos que, incluso de poder ser así analizados, no es ni mucho menos seguro que sus *sensa* no puedan existir sin ser sentidos. Hemos tratado de mostrar por qué esto era considerado evidente, y mostrar que en realidad no es así.

Los otros dos argumentos parecen querer mostrar que los *sensa* dependen en parte de la posición, etc., del *cuerpo*, mas no que sean *existencialmente* dependientes de la *mente*. Además, algunos de los hechos aludidos constituyen una clara indicación de que los *sensa* y, *a fortiori*, las imágenes, son en cierta medida *cualitativamente* dependientes de la mente. Pensamos que esta referencia a la mente *podría* suprimirse ampliando las condiciones corporales, a fin de incluir las huellas y disposiciones fisiológicas. Mas, teniendo en cuenta el carácter totalmente hipotético de éstas, no estábamos en condiciones de negar que los *sensa* y las imágenes puedan ser en cierta medida cualitativamente dependientes de la mente. Y aquí dejamos esta cuestión, hasta abordar más detalladamente el papel que desempeña el cuerpo humano en la percepción sensible.

Hemos visto que el problema en su conjunto es extremadamente complejo, y que los argumentos en favor de la opinión de que los *sensa* son mentales no carecen de verosimilitud. Por tanto, no está en nuestro ánimo pensar que todos los que han sido persuadidos por dichos argumentos sean unos bellacos o necios. Algunos de los que se llaman *Nuevos Realistas* se han inclinado a adoptar esta actitud; y sobre algún que otro lector han producido la impresión, bastante ofensiva, de estar «a sus anchas en Sión».

II) ¿EN QUE FORMA SE RELACIONAN LOS «SENSA» CON LOS OBJETOS FISICOS?

Ahora podemos abordar la segunda pregunta que planteamos respecto a los *sensa*. El hombre corriente no distingue claramente entre objetos físicos y *sensa*, y, por tanto, no siente una particular difi-

cultad respecto a sus relaciones mutuas. Percibimos la diferencia entre los *sensa* y los objetos físicos examinando el fenómeno de apariencia sensible y contrastándole después con las supuestas propiedades de la realidad física. Pero, una vez que la existencia de los *sensa* ha sido claramente percibida, el problema de su relación con el mundo físico se hace apremiante. Todos creemos en un mundo de objetos físicos, y afirmamos tener un vasto y detallado conocimiento del mismo. Pues bien; este mundo de objetos físicos nos hace conocedores de su existencia y su detallada naturaleza a través de las apariencias sensibles que nos presenta. Y, según la teoría del *sensum*, estas apariencias son *sensa*. Por tanto, los *sensa* son, en cierto modo, el *ratio cognoscendi* del mundo físico, mientras que el mundo físico es, en cierto modo, el *ratio essendi* de los *sensa*. Por consiguiente, nuestro problema se divide en dos problemas, uno epistemológico y otro ontológico. Estos dos problemas no son, en última instancia, independientes, pero conviene exponerlos por separado.

1) ¿Hasta qué punto es verdad que nuestras creencias sobre el mundo físico dependen de nuestros *sensa?* Antes de poder contestar a esta pregunta debemos hacer algunas distinciones entre nuestras creencias. En primer lugar, está nuestra creencia de que existe un mundo físico de *alguna* clase. Esto, como hemos visto, entraña, por lo menos, la creencia de que existen cosas que son relativamente permanentes, las cuales comportan muchas cualidades, y perduran y actúan entre sí en momentos en que no aparecen en nuestros sentidos. Podríamos denominarlas propiedades *constitutivas* del mundo físico, ya que son parte de lo que queremos decir por «físico». Además, existe la creencia de que estos objetos comportan características espaciales o cuasi-espaciales. Esto podría llamarse casi constitutivo, pero es un aspecto menos importante que la primera serie de propiedades. Por último, existen lo que podríamos llamar creencias *empíricas* sobre el mundo físico. Estas son creencias sobre puntos de detalle, por ejemplo, que algunas cosas son encarnadas, y que ahora hay en mi habitación una pantalla de lámpara ondulada y encarnada.

Ahor bien, ya he expuesto anteriormente que es psicológicamente falso afirmar que en realidad formulamos nuestros criterios perceptivos sobre la existencia y propiedades de objetos físicos gracias a un proceso de inferencia de nuestros *sensa* y sus propiedades. Además, es lógicamente falso suponer que la *existencia* de un mundo físico puede en general deducirse de la existencia de nuestros *sensa*, o de cualquier cosa que conozcamos acerca de sus propiedades intrínsecas o sus relaciones mutuas. Quizá para mi creencia en la existencia del mundo físico sea una condición necesaria la existencia de los *sensa*, pero no es una condición suficiente. Si yo no percibiera apariencias sensibles, lo más probable es que no discerniría la existencia en realidad física alguna. Pero, por otra parte, nada existe en mis *sensa* que me obligue lógicamente a llegar a la conclusión de que deba existir algo más allá de ellos que tenga las propiedades constitutivas de los objetos físicos. La creencia de que nuestros *sensa* son apariencias de algo más permanente y complejo que los propios *sensa* parece ser

primitiva, surgiendo inevitablemente en nosotros al tomar conocimiento de los *sensa*. A esta creencia no llegamos por inferencia y, por tanto, lógicamente tampoco puede ser demostrada por inferencia. Pero, por otra parte, no existe posibilidad alguna de refutarla, de deshacernos de ella o—que yo sepa—de coordinar los fenómenos prescindiendo de ella.

Existen grupos en el seno de mis propios *sensa* y correlaciones entre mis *sensa* y los de otros que cuadran totalmente con la creencia de un mundo físico del que todos los *sensa* constituyen tantas apariencias. Podría sostenerse que esto, por lo menos, constituye la base para un argumento lógico de probabilidad inversa para mostrar que la creencia en el mundo físico es extremadamente probable. Pero aquí surge el obstáculo de que todos los argumentos de esta índole sólo sirven para multiplicar la antecedente probabilidad de una proposición y, a menos que tengamos razón para suponer que esta probabilidad comienza con una magnitud finita, tales argumentos no nos conducen a ninguna parte. Ahora bien, aunque no conozco razón alguna antecedentemente contraria a la existencia de un mundo físico, tampoco conozco razón antecedente alguna en su favor. Así, pues, su probabilidad antecedente parece bastante indeterminada, a menos que estemos dispuestos a mantener que el hecho de que en la práctica todo el mundo cree en él es base suficiente para atribuirle una antecedente probabilidad finita. En mi opinión, la creencia de que existe un mundo físico se encuentra lógicamente en la misma posición que aquellas suposiciones sobre la naturaleza de lo existente en las que se basan todas las demostraciones inductivas de las leyes especiales de la Naturaleza. Si estas suposiciones parten de una antecedente probabilidad finita, su éxito justifica el que les atribuyamos una elevada probabilidad final. Pero, ¿tienen una antecedente probabilidad finita? Sobre ellas podemos decir, lo mismo que sobre la creencia en un mundo físico, que en la práctica todos creemos en ellas, que no existe razón positiva alguna contra ellas y que no podemos seguir adelante sin suponerlas. Mas, después de todo esto, lo mejor es que cambiemos de tema y hablemos del tiempo.

No trataremos, pues, de *demostrar* la existencia de un mundo de entes que tienen las propiedades constitutivas de los objetos físicos; pues, si fuese posible hacerlo, yo en todo caso no sabría cómo hacerlo. Lo que haremos será indicar aquellos hechos sobre nuestros *sensa* y sus agrupaciones que cuadran particularmente con la opinión de que los *sensa* son diversas apariencias parciales y pasajeras de cosas relativamente permanentes e independientes. Es decir, trataremos de señalar los hechos que sobre nuestros *sensa pueden* dar una elevada probabilidad final a la crencia en un mundo físico, *siempre que* tenga una probabilidad finita antecedente. Esta será nuestra tarea principal en los dos capítulos siguientes, relativos a las características espaciales y temporales de los *sensa* y de los objetos y acontecimientos físicos. El primero de estos dos capítulos estará consagrado a los hechos sobre nuestros *sensa* que cuadran con la opinión de que aquéllos son apariencias de objetos que contienen numerosas propiedades y que pueden

ser percibidos por numerosos observadores diferentes en el mismo momento. El segundo capítulo se referirá a los hechos sobre nuestros *sensa* que cuadran con la opinión de que aquéllos son apariencias relativamente pasajeras de cosas y procesos más permanentes.

Ahora bien, suponiendo que hay un mundo de cosas constantes e independientes, cabe aún una extensa gama de opiniones respecto a la clase de conjunto que constituyen la forma en que está dividido en partes y las diversas cualidades empíricas que poseen estas partes. El sentido común y la ciencia coinciden en que, en cierto sentido, es un conjunto espacial, cuyas partes tienen diversas formas, tamaños y posiciones, y pueden trasladarse de un lugar a otro dentro del conjunto. El alegado carácter espacial del mundo físico puede llamarse «semiconstitutivo», pues, como he dicho anteriormente, difícilmente podemos admitir que un mundo de entes no espaciales pueda ser calificado de «físico», aun siendo permanentes, independientes de nosotros y poseyendo muchas cualidades. Es, pues, evidente que todas las características espaciales que atribuimos al mundo físico están basadas, tanto en líneas generales como en detalle, en las características espaciales de nuestros *sensa*. Creo, además, que puede considerarse como extremadamente probable que, si en realidad existe un mundo físico, y nuestros *sensa* son apariencias del mismo, el mundo sea cuasi-espacial. La importancia y complejidad de este tema parece justificar la longitud del próximo capítulo, donde he tratado de analizarlo lo más ampliamente posible.

Al abordar las cualidades puramente empíricas del mundo físico se pone de manifiesto una profunda diferencia de opinión entre la ciencia y el sentido común. Este último atribuye a los objetos físicos cualidades como color, temperatura, etc., mientras que la primera rehusa hacerlo. Al examinar este tema la dependencia parcial de los *sensa* respecto a lo que se produce en el interior del cuerpo del observador adquiere una gran importancia; el último capítulo trata de esta cuestión.

2) Este último punto nos lleva de manera natural al problema ontológico respecto a la posición relativa de los *sensa* en el mundo existente. Existe un mundo de objetos físicos y un mundo de *sensa*. En cierta medida, este último parece depender del primero, pero ambos son partes del conjunto de realidad existente. ¿En qué forma están los dos relacionados? Este es un problema que no tiene en cuenta el sentido común porque no hace una distinción precisa entre *sensa* y objetos físicos. La ciencia tampoco lo tiene en cuenta porque en teoría efectúa una distinción equivalente, la utiliza simplemente como excusa para pasar por alto los *sensa* y concentrarse en los objetos y procesos físicos. Este es un procedimiento totalmente justo para el propósito especial que confrontan las ciencias naturales, pero es inadmisible en el filósofo. Su tarea consiste en sacar los esqueletos de los armarios donde se ha juzgado conveniente guardarlos, y colocados en el lugar que les corresponde en el conjunto.

Los problemas epistemológicos y ontológicos sobre los *sensa* y sus relaciones con los objetos físicos están vinculados del modo siguiente:

Nuestra primitiva creencia en la existencia de un mundo de cosas relativamente permanentes e independientes es extremadamente vaga. No deja de ser un esquema general, a partir del cual son establecidas las agrupaciones que encontramos en nuestros *sensa*. Incluso cuando damos un paso más adelante y decimos que el carácter espacial y las agrupaciones espaciales de los *sensa* nos obligan prácticamente a pensar en el mundo físico como un conjunto cuasiespacial, que contiene partes con formas, tamaños y posiciones bastante precisas, seguimos teniendo un esquema muy general, aunque mucho más preciso. Dentro de este esquema general cuasiespacial son posibles toda clase de especificaciones alternativas. No estamos atados a ninguna opinión particular respecto al número de sus dimensiones. Además, no estamos atados a ninguna opinión particular respecto a su «geometría», una vez establecido el número de sus dimensiones. Por último, podemos presentar decenas de teorías diferentes respecto a la naturaleza de los objetos físicos, todas ellas compatibles con el esquema general y con los hechos especiales sobre nuestros *sensa* y sus agrupaciones. Y es esta gran variedad de teorías alternativas abiertas ante nosotros por el concepto general de un mundo físico y los hechos especiales sobre nuestros *sensa* lo que nos proporciona una legítima esperanza para el progreso indefinido del problema que nos ocupa, siempre que los científicos y los patriotas que figuran entre ellos no destruyan la civilización y con ello todo el pensamiento desinteresado. Partiendo de las opiniones tradicionales sobre la naturaleza del Espacio, Tiempo y Materia, resulta extremadamente difícil hacer que coincidan en un conjunto coherente el mundo de los *sensa* y el mundo de los objetos físicos. Mas, una vez dominado el gran número de posibles alternativas dentro del esquema, la proyección de teorías sobre el objeto físico que den a los *sensa* un *locus standi* en el mundo físico será un juego fácil para los dialécticos simbólicos. Mas dejaremos esta teoría para que la resuelvan quienes estén en mejores condiciones de poderlo hacer; nosotros nos limitaremos a los hechos sobre nuestros *sensa* que deben estar incluidos en cualquier teoría sobre los objetos físicos.

LA TEORIA CIENTIFICO CRITICA

Propongo ahora formular claramente, sobre la base de la teoría del *sensum*, lo que parece entrañar la opinión científica corriente sobre los objetos físicos y sus apariencias sensibles. Teniendo en cuenta que los científicos nunca formulan claramente su propia posición sobre esta cuestión, nos vemos en la obligación de hacerlo por ellos. Así podremos estimar hasta qué punto puede ser aceptada dicha opinión, y en qué medida su plausibilidad ha dependido de su modesta obscuridad.

Tomemos el conocido ejemplo de un niño que mira a un penique. El considera que es literalmente redondo, y no menos literalmente marrón. Considera que la mancha marrón que siente (y que piensa ser redonda) es literalmente una parte (o sea, la parte superior) del

penique. Y él considera que esto, que ahora ve, es lo mismo que puede sentir al extender la mano. Cuando crece probablemente se le dice, ante la autoridad de la «ciencia», que el penique no es «realmente» marrón, una que sí es «realmente» redondo. El tipo de razón que se da a este sorprendente criterio es (si mal no recuerdo) que las cosas parecen tener diferentes colores bajo diferentes luces. Si después el muchacho estudia el calor y la luz se le dirá que el color que ve depende de las vibraciones que percuten en su ojo, y que la temperatura que siente depende de los movimientos moleculares que se producen en el penique. El muchacho sigue pensando que el penique es literalmente redondo, y piensa también en toda clase de movimientos que se producen dentro de su contorno, despidiendo perturbaciones en dirección a su ojo y su mano. Pero ya ha dejado de pensar que el penique es literalmente marrón o frío. Piensa que el color marrón y la frialdad son *efectos* que los procesos en el penique producen por transmisión. La forma redonda está «en» el penique; mas no lo están el color marrón y la frialdad. Estos son *efectos* que produce el penique «en» su ojo o su mano, su cerebro o su mente. Sigue pensando que él siente literalmente el mismo lado redondo superior del penique, tanto con sus ojos como con su mano, pero ha dejado de pensar que hay un color marrón o una temperatura fría esparcidos literalmente sobre esta superficie redonda.

Creo que ésta es una clara exposición de lo que el hombre corriente con conocimientos científicos piensa sobre esta cuestión; siempre y cuando se pueda decir algo tan incoherente para poder creerlo. Está claro que tal opinión no puede hacer frente a la crítica, puesto que consiste en una mezcla sin fundamento de dos teorías totalmente diferentes sobre la percepción. Por lo que se refiere a los atributos espaciales, se limita a la ingenua opinión realista del puro sentido común. Según ésta, la forma vista y sentida no es un efecto producido en nosotros por otra cosa. Está ahí, tanto si lo vemos o lo sentimos como si no. Los procesos en él hacen simplemente que lo veamos o lo sintamos en circunstancias favorables. Pero, en relación con el color y la temperatura, la ciencia adopta un punto de vista totalmente diferente. Es una teoría causal. Los procesos en el penique no hacen que veamos un color o sintamos una temperatura que ya están ahí para ser visto o sentido. Ellos *producen* el color y la temperatura «en nosotros», para utilizar una vaga expresión lo suficientemente discreta, que pueden velar nuestras mentes, nuestros cerebros y nuestros órganos sensuales especiales.

Ahora bien, este revoltijo de teorías no es consecuente ni consigo mismo ni con los fenómenos. Es inconsecuente consigo mismo por la razón siguiente: Cuando miro a un penique el color marrón que yo veo está extendido sobre todo el contorno circular. Algo parecido ocurre con la temperatura fría que siento. Se nos pide que creamos que existe un color marrón desprovisto de forma «en mí», y una forma redonda desprovista de color y situada ahí donde está el penique y que, sin embargo, y de forma misteriosa, el color marrón desprovisto de forma «en mí» es proyectado sobre el contorno redondo

del penique «ahí». Si esto no es un disparate, entonces desconozco lo que es un disparate. Todos podemos *decir* estas cosas, pero ¿podemos dar algún significado a lo que decimos?

Además, como hace tiempo lo señaló Berkeley, la teoría sólo explica la mitad de los fenómenos. Indudablemente, los colores varían según la iluminación, el estado de nuestros ojos, etc. Pero sólo se necesita un poco de observación para ver que las formas visibles también varían según los cambios en el medio ambiente y según la posición del observador. Si lo primero demuestra que los colores y las temperaturas no están «en el objeto», sino «en nosotros», lo segundo debería demostrar lo mismo respecto a las formas visibles. Es imposible conciliar la opinión de que el penique es redondo, en el sentido literalmente directo, con la opinión de que cuando lo miramos sentimos visualmente la superficie superior del mismo, ya que desde distintas posiciones sentimos toda clase de manchas elípticas. Está claro que ninguna de éstas puede ser *idéntica* a la redonda superficie superior del penique, como también es evidente que no son *partes* de él, en el sentido literal en que la efigie del rey forma parte del penique.

Si queremos ser consecuentes debemos tratar la forma visual del mismo modo que el color y la temperatura. Lo que sentimos visualmente es un *sensum*, así como la forma y color marrón que le pertenecen. Si hay algo producido «en nosotros» por un objeto externo cuando lo miramos, no será sólo el color, sino toda la mancha con su color y su forma. Y, como hemos visto, esta mancha no puede considerarse como la superficie superior del objeto externo o literalmente una parte de tal superficie. Tampoco podemos sostener que lo que sentimos mediante el tacto es literalmente idéntico a lo que sentimos mediante la vista, y que la vista y el tacto simplemente revelan dos cualidades diferentes de este único objeto. Y esto porque lo que sentimos mediante el tacto es redondo y de tamaño permanente. Lo que sentimos visualmente no es redondo, excepto cuando nos hallamos en una serie muy particular de posiciones desde donde decimos que «estamos mirando directamente sobre» el penique. E, incluso si nos limitamos a esta serie de posiciones, los tamaños de las diversas manchas redondas que sentimos no son iguales según las distintas posiciones de esta serie que adoptemos. Por tanto, está claro que el criterio científico requiere ser formulado totalmente de nuevo en términos de la teoría del *sensum*. Y esto no es empresa fácil, ya que la teoría científica da por supuesto que, en realidad, sentimos el contorno del verdadero objeto físico en el espacio, y que nuestras sensaciones se deben a lo que se produce dentro de dicho contorno.

A medida que cambiamos de posición y seguimos diciendo que «estamos mirando al mismo objeto», percibimos una serie de *sensa*, cada uno con su forma y color, y todos ellos muy parecidos en este sentido. Mas existen ciertas variaciones que generalmente no advertimos. Estas nos llaman la atención en casos exagerados, aunque en todos los casos pueden notarse al ser observados detenidamente. Además, por regla general, aparecen invertidos cuando volvemos sobre nuestros pasos. Si fuera nuestro proyecto probar una teoría causal de

percepción tendríamos que explicar esta conjunción de predominante coincidencia a través de toda la serie con variaciones leves, regulares y reversibles entre sus diferentes miembros. Naturalmente, la explicación que nos sorprende es que la serie de los *sensa* depende de dos grupos de condiciones. Una de éstas es relativamente permanente y explica la predominante coincidencia entre los miembros de la serie. La otra es variable y explica sus variaciones menores.

Además, si sentimos un objeto, como, por ejemplo, un penique, mirándolo desde diferentes puntos, la serie de *sensa* visuales predominantemente similares, pero levemente variables, está correlacionada con un *sensum* de tacto invariable. La forma de este último es muy parecida, pero no exactamente igual, a las de la mayoría de los *sensa* visuales. Es exactamente igual a la forma de los *sensa* visuales sentidos desde una serie determinada de posiciones. Por lo que se refiere a otras cualidades, existe una total diferencia entre los *sensa* visuales y de tacto. Los primeros tienen color, pero no temperatura o dureza; los segundos tienen frialdad y dureza, pero no color. Ahora debemos explicar esta predominante coincidencia, combinada con diferencias menores, entre las formas de numerosos *sensa* visuales y la forma del único *sensum* táctil. Asimismo, debemos recordar que, respecto a otras cualidades sensibles, la diferencia es total. De nuevo aquí parece natural suponer que existe algo común y relativamente permanente que explica la predominante coincidencia en la forma entre los *sensa* visuales y de tacto, y algo variable que explica sus diferencias menores en la forma. Este otro factor parece estar claramente vinculado a la posición del órgano sensual. A medida que se mueve el ojo cambia la forma de los *sensa* visuales. La forma del *sensum* de tacto no cambia; no podemos extender la mano desde determinada distancia y continuar sintiendo el *sensum* de tacto, mientras que podemos cambiar la posición del ojo y seguir viendo. Podemos también suponer que se necesitan diferentes factores para determinar cualidades sensibles tan diferentes como el color y la temperatura; pero es razonable suponer que, cualesquiera que sean estos factores, todos dependerán de una condición común que determina la forma tan similar de los *sensa* visuales y de tacto.

Por último, cuando comparamos los apuntes con otras personas que dicen estar mirando la misma cosa que nosotros, encontramos de nuevo una predominante coincidencia entre sus *sensa* y los nuestros, combinada con variaciones menores. Parece factible suponer que existen una serie de condiciones, comunes a sus *sensa* y a los nuestros, las cuales explican la predominante coincidencia entre ambos. Además, deben existir factores variables, unos particularmente vinculados a un observador y los otros al otro observador. Estos factores son los que determinan las variaciones menores. Así, pues, parece haber una sólida base para suponer que existen objetos físicos en el sentido de que reúnen condiciones que: *a)* Son comunes a nosotros y a los demás; *b)* Son relativamente permanentes y, en todo caso, no cambian *ipso facto* cuando nos movemos, y *c)* Determinan de alguna forma los atributos de nuestros *sensa*, en conjunción con otras condiciones que

varían en una u otra persona en el mismo momento, y en la misma persona en diferentes momentos.

Algún lector escéptico podría formular las siguientes preguntas: «¿Por qué salirnos fuera de la serie de *sensa* correlativos? ¿Por qué no nos basta considerarlos como un hecho? ¿Por qué hacer que todos ellos dependan de condiciones al margen de la serie de los propios *sensa*?». Como ya he dicho, éste es un paso que todo el mundo da, pero que lógicamente nadie puede estar obligado a dar. A este respecto podemos afirmar que lo que nos induce a ello es que tenemos razón para pensar que los objetos físicos cambian y actúan recíprocamente cuando no sentimos ningún *sensum* que parta de ellos. Podemos prescindir de la serie de *sensa* que anteriormente he descrito (por ejemplo, volviendo la cabeza o saliendo de la habitación) y luego, haciendo los movimientos necesarios, volverla a recoger bien donde la dejamos o en una forma que es evidentemente un desarrollo ulterior de un proceso de cambio cuyas anteriores etapas observamos antes de irnos. Son fenómenos de esta clase los que nos hacen buscar (acertada o erróneamente), fuera de la serie de *sensa* correlativos, condiciones permanentes que se encuentran fuera de los límites de tal serie y que pueden desarrollarse de por sí cuando la serie es interrumpida.

Ahora bien, estas comunes y relativamente permanentes condiciones pueden ser, teniendo en cuenta todo lo que hemos observado hasta ahora, tan diferentes de los *sensa* que indican la confusión que podría entrañar llamarlas objetos físicos. De este modo puede surgir inmediatamente la pregunta: «¿Podemos determinar algo más sobre sus propiedades, bien con seguridad o con elevada probabilidad?». No creo que podamos determinar nada más con seguridad, pero sí determinar algo más con elevada probabilidad. Efectivamente, es absolutamente cierto que una serie de condiciones—y, más aún, una serie que constituye sólo una *parte* de las condiciones totales—de un *sensum* no debe *presuponerse* que se parece en sus propiedades al *sensum* que parcialmente determina. Por otra parte, sería tan irrazonable suponer que ambos *no pueden* parecerse entre sí. No puede haber contradicción interna en las cualidades de forma y tamaño, ya que, por lo menos, los *sensa* tienen, evidentemente, forma y tamaño y evidentemente existen. Si estas cualidades entrañan cualquier clase de contradicción interna, ningún existente podría poseerlas. Por consiguiente, es perfectamente justo postular hipotéticamente cualquier cantidad de parecido que escojamos entre los *sensa* y la parte permanente de sus condiciones totales. Si ahora vemos que al postular ciertas cualidades en estas condiciones nos es posible explicar los fenómenos más notables de nuestros *sensa*, y que sin esta hipótesis nos es imposible hacer tal cosa, la hipótesis en cuestión puede alcanzar un elevado grado de probabilidad.

Ahora vemos que los *sensa* visuales de un grupo que atribuimos a un solo objeto físico están relacionados proyectivamente entre sí y con el *sensum* de tacto que atribuimos al mismo objeto. Si consideramos que su común condición permanente tiene algo análogo a forma podremos explicar las formas de los diversos *sensa* del grupo como pro-

yecciones de la forma de su común condición permanente. Si nos negamos a atribuir nada como forma a las condiciones permanentes no podemos explicar las variaciones de forma de los *sensa* visuales, a medida que el observador cambia de posición. Esto no *demuestra,* naturalmente, que las condiciones comunes y relativamente permanentes del grupo de *sensa* tenga forma, pero sí que la hipótesis sea muy plausible. Ya hemos visto que es valedera, que no hay razón alguna por la que estas comunes condiciones no puedan tener forma; ahora podemos comprobar que es también una hipótesis plausible puesto que con ella podemos y sin ella no podemos explicar las variaciones en las formas de los *sensa* del grupo.

¿Qué ocurre con las llamadas «cualidades secundarias», como dolor y temperatura? Sabemos que Descartes, Locke y los naturalistas ortodoxos mantienen que no tenemos derecho a atribuirlas literalmente a los objetos físicos, mientras que Berkeley y otros muchos filósofos han argüido que las primarias y secundarias deben conservarse o caer (y que en realidad caen) juntas. ¿Dónde radica la verdad de esta cuestión? Lo primero que se necesita hacer es formular la doctrina sobre las cualidades primarias y secundarias en forma clara e inteligible. Indudablemente, el color y la temperatura pertenecen a *nuestros sensa,* por lo menos en la misma forma literal en que les pertenecen la forma y el tamaño. Lo que inmediatamente percibo cuando miro a un sello de un penique es tan indudablemente encarnado como más o menos cuadrado. De manera similar, cuando sostengo en la mano un trozo redondo de hielo lo que percibo es tan ciertamente frío como redondo. Por ello, decir que los colores y las temperaturas son «irreales» o que «no existen realmente» es absolutamente falso, si tal afirmación quiere decir que en el Universo no hay *nada* sobre lo que es justo afirmar: «Esto es literalmente encarnado», o «Esto es literalmente frío». Por lo menos, estas formulaciones son ciertas respecto a muchos *sensa,* y los *sensa* forman parte del Universo existente.

La única pregunta substancial es la siguiente: ¿Pertenecen alguna vez literalmente los colores y las temperaturas a los objetos físicos, o sólo pertenecen literalmente a los *sensa*?». Lo que el científico trata de hacer de un modo extremadamente complicado es afirmar la realidad *física* de las formas y los tamaños, y negar la realidad *física* de los colores, temperaturas, ruidos, etc. Esta opinión, una vez formulada claramente, se traduce en lo siguiente: «Las formas y los tamaños pertenecen a objetos físicos en la misma forma literal en que pertenecen a los *sensa;* y de las formas y tamaños de los *sensa* podemos generalmente inferir, con bastante exactitud, aquéllos del objeto físico del que tales *sensa* son sus apariencias. Los colores, temperaturas, etc., pertenecen literalmente a los *sensa,* mientras que a los objetos físicos pertenecen sólo en un sentido derivativo y pickwickiano. Naturalmente, debe existir *algo* en las condiciones permanentes de un grupo de *sensa* que determine totalmente o en parte el color o temperatura de estos últimos. Pero este algo no es el color ni la temperatura». Hemos

visto en qué se basa la parte positiva de esta opinión, mas ¿existe alguna razón valedera para creer en su parte negativa?

A veces se piensa que las teorías físicas sobre la luz y el calor *refutan* el punto de vista basado en el sentido común de que los objetos físicos son literalmente de color o calientes. Esto es un puro disparate lógico. La teoría física sobre la luz, por ejemplo, afirma que, siempre que sentimos un *sensum* encarnado, unas vibraciones de un período determinado percuten en nuestra retina. Esto nos demuestra que los cuerpos que emiten las vibraciones de dicho período no sean literalmente encarnados, pues puede ocurrir que sólo cuerpos que son literalmente encarnados puedan emitir precisamente tales vibraciones. Las vibraciones pueden ser simplemente el medio de estimularnos para sentir el color encarnado que literalmente tiene el cuerpo, tanto si sentimos este último como si no lo sentimos. (Estoy completamente seguro de que esta teoría tan estrecha no puede cuadrar con unos fenómenos tan extremadamente complicados, aunque sí *es* compatible con el hecho de que sólo percibimos los colores cuando unas vibraciones de un determinado tipo afectan nuestros ojos. Por tanto, *este hecho* no niega, como a menudo se supone, el punto de vista basado en el sentido común según el cual los cuerpos son literalmente de color y según el cual sentimos realmente los colores que se hallan sobre sus superficies.)

Considero que la parte negativa de la opinión científica pone de manifiesto un hecho importante, aunque requiere ser formulada de manera mucho más cautelosa. 1) Es *evidente* que, si los objetos físicos poseen forma y tamaño, deberán tener también *alguna* otra cualidad relacionada a la forma y tamaño en el mismo sentido en que el color y la temperatura están relacionados con la forma y tamaño de los *sensa*. No puede haber extensión *et proeterea nihil;* debe haber algo que pueda esparcirse y cubrir un área o llenar un volumen. 2) No hay razón alguna por la que estas cualidades «extensibles», que *deben* estar presentes en los objetos físicos si han de poder extenderse, no puedan ser, en realidad, color y temperatura. Puesto que los *sensa* indudablemente existen, y son indudablemente de color, no puede haber contradicción interna alguna en el concepto de un color existente. 3) Por otra parte, naturalmente, las cualidades extensibles de los objetos físicos *no tienen* necesariamente que ser color o temperatura. Siempre que sean cualidades que pueden cubrir áreas o llenar volúmenes, como pueden hacerlo el color y la temperatura, pueden diferenciarse de cualquier cualidad que esté siempre presente en nuestros *sensa*. 4) Al mismo tiempo que la suposición de que las condiciones permanentes de los grupos de *sensa* tienen forma y que éstos y nuestros cuerpos tienen posición, nos ayuda a predecir las formas de los diversos *sensa* en el grupo, nos encontramos con que la atribución de colores y temperaturas a estas condiciones permanentes no nos ayuda a predecir los colores y temperaturas de los *sensa* en el grupo. Resulta más provechoso correlacionar los colores y las temperaturas de los *sensa* con los movimientos hipotéticos de hipotéticas partes de las condiciones permanentes de aquéllos. Mas esto no demuestra, como se piensa

a menudo, que los objetos físicos *no pueden* tener literalmente colores o temperaturas. Está claro que si los *sensa* que sentimos no pueden ser literalmente partes de las superficies de los objetos físicos, los colores y las temperaturas de estos *sensa* no pueden ser literalmente *idénticos a* los colores y temperaturas de los objetos físicos, incluso si estos últimos tienen tales cualidades. Todos estos hechos evidencian que la hipótesis de que los objetos físicos tienen literalmente colores y temperaturas, aun siendo suficientemente valedera, no permite una comprobación empírica, por lo que no se le puede atribuir una elevada probabilidad.

La opinión que he tratado de exponer podría llamarse *Teoría Científica Crítica.* Consiste simplemente en formular claramente, en términos de la teoría del *sensum* sobre la apariencia sensible, el punto de vista sobre el mundo externo que se halla a la base del pensamiento científico desde tiempos de Descartes y Locke. En su forma original, esta opinión presentaba un cúmulo de contradicciones; era ingenuamente realista respecto a nuestra percepción; estaba basada en una teoría causal respecto a nuestra percepción de forma, tamaño y posición, y se fundaba en una teoría causal respecto a nuestra percepción del color, temperatura, etc. Esta combinación de teorías demostró ser incompatible con la inextricable ligazón entre las dos clases de cualidades que en realidad encontramos. Además, el aspecto ingenuamente realista de dicha opinión demostró ser insostenible ante las variaciones de forma y tamaño, evidentes cuando observamos desde diversas posiciones lo que se considera un único objeto físico invariable.

Así, la única solución para la opinión científica fue permanecer en una forma completamente causal. Mas inmediatamente surgió una grave dificultad. El aspecto causal de la antigua opinión presupuso el aspecto ingenuamente realista. Cuando se nos dijo que los movimientos dentro de un contorno circular de un determinado lugar del espacio producían sensaciones de color y temperatura «en nosotros», lo comprendimos porque pensamos que literalmente veíamos y sentíamos este contorno en este lugar. Pero en cuanto la teoría se transforma en *completamente* causal, *tanto* los atributos espaciales como no espaciales pertenecen en primer lugar al efecto producido «en nosotros» por otra cosa. Entonces resulta difícil ver si es más justo considerar esta causa como literalmente dotada de forma, tamaño y posición, o literalmente dotada de color y temperatura. Sin embargo, las teorías científicas sobre la causalidad de nuestras sensaciones de color, temperatura, etc., están formuladas en términos que parecen perder todo significado a menos que las causas de estas sensaciones tengan literalmente formas, tamaños y posiciones. La Teoría Científica Crítica, según ha sido formulada por nosotros, ha tratado de hacer frente a estas dificultades formulando de nuevo la distinción entre cualidades primarias y secundarias y apreciando la cantidad de valor que esta distinción puede justamente recabar.

Estimo que la Teoría Científica Crítica, hasta donde llega, es internamente coherente; mas no creo en absoluto que en esencia sea satisfactoria. En primer lugar, continúa utilizando una serie de vocablos

cuyo significado no aparece ya claro tras haber rechazado el concepto de que literalmente sentimos partes de las superficies de los objetos físicos. Sigue refiriéndose a peniques como «redondos», a varias personas distintas en «el mismo momento» y a la misma persona en «diferentes momentos», todas ellas percibiendo «el mismo penique» desde «diferentes lugares». Antes de poder establecer una teoría consecuente debemos volver a interpretar todas estas afirmaciones en términos de nuestros *sensa* y sus relaciones. Es lo que trataré de hacer en los tres capítulos siguientes.

En segundo lugar, nuestra teoría utiliza la afirmación de que los procesos en los objetos físicos externos y en nuestros cuerpos «producen conjuntamente en nosotros» los *sensa* mediante los cuales conocemos aquellos objetos. La frase entre comillas comporta innumerables problemas. ¿Es que los procesos físicos crean *sensa* de la nada? ¿O simplemente causan que sintamos bien una u otra selección de la masa de *sensa* ya existentes? Y, en ambos casos, ¿cuál es la posición relativa de los *sensa* cuando existen? ¿Existen simplemente junto a los objetos físicos? ¿Actúan recíprocamente o producen efectos sobre el mundo físico? ¿O son, en algún sentido pickwickiano, partes de objetos físicos? A algunos de estos problemas me referiré en el último capítulo.

Obras adicionales que pueden ser consultadas con provecho:

B. A. W. Russell, *Lectures on the External World*, conferencias III y IV; *Analysis of Mind*, conferencias V y VII.
G. F. Stout, *Manual of Psychology*, libro III, parte II, cap. I, y libro II, cap. I; *Proceedings of the Aristotelian Society*, 1913.
J. Laird, *Problems of the Self*, cap. III.
S. Alexander, *Space, Time, and Deity*, vol. II, págs. 124 y sigs.; 170 y sigs.
G. E. Moore, *Philosophical Studies*.
Berkeley, *Principles of Human Knowledge*.
Descartes, *Méditations*.

Las posiciones y formas de los «sensa» y de los objetos físicos

> «Nam si colores et soni in ipso Objecto essent, separari ab illis non possent. Separantur autem, ut manifestum in reflexionibus visibilium per specula, et audibilium per loca montana. Scimus autem corpus quod videmus in uno tantum loco esse, sed apparentias in plurimis.»
>
> (HOBBES, *Leviathan*, Part I. Cap. I.)

Debemos ahora ahondar las suposiciones tácitamente expuestas por la Teoría Científica Crítica y averiguar su significado y valor exactos. Al apoyar dicha Teoría nos referimos a varias personas todas ellas «mirando al mismo penique». Suponemos que existe un lugar determinado «visto» por todos los observadores, y que en dicho lugar se encuentra un objeto físico redondo. Aquí cabe preguntar: qué significa lugar común; qué significa un objeto físico que ocupa dicho lugar; y qué significa llamar redondo a tal objeto. Veremos que todas estas preguntas, las cuales a primera vista parecen infantiles, presentan grandes dificultades y que sólo puede responderse a ellas en sentidos extremadamente pickwickianos. Parecen sencillas porque generalmente nos limitamos a casos que ocurren frecuentemente y son de interés práctico, aunque, en realidad, deben su sencillez a la existencia de condiciones particularmente simples. Mas estas condiciones no siempre existen, y entonces surgen las dificultades. Esto ocurre, por ejemplo, con las imágenes en los espejos, las cuales aparecen en lugares donde no se está produciendo nada relacionado con el objeto visto. Por regla general, hacemos caso omiso de estos *sensa* «salvajes», pero más adelante veremos que la única forma de tratar adecuadamente todos los hechos es basar en ellos nuestra teoría y considerar que los *sensa* «mansos» deben su docilidad a la existencia de determinadas condiciones particularmente simples.

Al abordar este problema no sólo aprenderemos algo más sobre el concepto de Materia y sus apariencias, sino que haremos avanzar la teoría del Espacio. En el capítulo primero simplemente dimos por supuesto el concepto del sentido común relativo a un único Espacio que todo lo contiene; ahora debemos considerar el valor efectivo de tal concepto.

Si nuestro deseo es averiguar el significado del criterio según el cual todos vemos un determinado objeto físico en un lugar determinado, tendremos que comenzar por analizar las características espaciales de nuestros *sensa* visuales. Desgraciadamente, existe bastante desacuerdo respecto a cuáles son estas características. A menudo se nos dice que no «vemos» distancia ni solidez; y esto, sin duda, quiere decir que ni la distancia ni la solidez son características de los *sensa visuales*, como lo son la forma y el tamaño. Esto me parece un error, y todo el problema me parece tan confuso que nuestro primer objetivo será tratar de esclarecerlo, aunque esto resulte bastante largo.

CARACTERISTICAS ESPACIALES DEL CAMPO VISUAL

Siempre que abro los ojos percibo un campo de vista de color, al que llamaré «campo visual». Es un hecho reconocido que éste se extiende y que se divide internamente en manchas de diversas formas y colores. Estas últimas están simultáneamente unidas y separadas por un fondo que también tiene color. La parte intermedia de este campo es la más clara. Si vuelvo la cabeza, el campo cambia ligeramente. Lo que ahora constituye la parte intermedia y más clara no es lo mismo que lo que estaba en medio en mi campo anterior. Pero es extremadamente parecido a lo que se encontraba ligeramente a uno de los lados del primer campo y era ligeramente confuso. Por el contrario, lo que se encuentra ligeramente a uno de los lados del actual campo se parece mucho a lo que estaba en medio del primer campo, donde podía verse con la máxima claridad. El proceso de volver la cabeza está, naturalmente, asociado a ciertas sensaciones cinéticas, las cuales duran más y se hacen cada vez más intensas cuanto más volvemos la cabeza.

a) Movimiento visual

Supongo que lo anteriormente expuesto es admitido por todo el mundo. Ahora quisiera llamar la atención de mis lectores sobre ciertos hechos que tienen gran importancia para el problema que nos ocupa, y que generalmente no son tenidos en cuenta. Por regla general, vemos los objetos a través de un medio prácticamente homogéneo, o sea, el aire, en el que aquéllos se encuentran y nosotros estamos sumergidos. En estas condiciones, la ligera vuelta de la cabeza sólo produce aquellos cambios de centralidad y claridad que ya hemos observado, combinados, naturalmente, con la pérdida de determinados aspectos que se hallaban en el límite extremo del primer campo y la obtención de otros en el opuesto límite extremo del segundo. Siempre que el medio sea homogéneo, el hecho de volver la cabeza no altera los sentidos visuales con movimiento sensible. Si, por otra parte, miramos a través de una ventana de cristal malo, o a través de cualquier intrumento óptico que no esté debidamente enfocado, a medida que volvemos la cabeza los *sensa* en el campo se mueven visiblemente. Lo que llamo «movimiento sensible» es una característica tan clara e irreductible de determinados *sensa* en determinados momentos, como el color o la forma. Así observamos que, en condiciones normales de vista, los *sensa* en nuestro campo visual pueden permanecer inalterados con movimiento sensible, aunque volvamos la cabeza. Mas, en cuanto las condiciones dejan de ser normales, un giro de la cabeza altera todos los *sensa* del campo con movimiento sensible.

Además, algunos de los *sensa* en el campo pueden ser alterados con movimiento sensible aunque no mueva la cabeza. Estoy escribiendo ante una ventana abierta del Colegio Trinity y enfrente veo la parte trasera de la Mansión Nevile. Todos los puntos que he mencionado

están ilustrados en mi actual campo visual. Puedo volver la cabeza sin que se alteren las apariencias visuales de las ventanas de enfrente con movimiento sensible. Si miro a través de la ventana cerrada, próxima a la que tengo abierta ante mí, y que tiene cristales poco regulares, observo que no puedo volver la cabeza sin que la apariencia visual de la fachada de enfrente salte de un lado a otro. Por último, hay ciertos aspectos del campo, o sea, las apariencias visuales de personas haciendo las camas y fregando los suelos—pues es sábado—que se mueven sensiblemente, aunque yo no mueva la cabeza. A todos estos casos debe añadirse uno más, que es el menos común en la experiencia corriente. Algunas veces vemos todo el campo alterado con movimientos sensibles, aunque no movamos la cabeza. Esto ocurre si mi ventana es objeto de cierto vaivén producido por el viento.

La posición es, por tanto, la siguiente: No cabe duda de que el movimiento sensible y la quietud son auténticas propiedades inanalizables de los *sensa* visuales. Las percibo tan directamente como percibo el color encarnado de una mancha, y no podría describírselas a nadie que no las haya sentido nunca, por la misma razón que no puedo describir el color de un buzón a una persona que haya nacido ciega. Ahora bien, pueden formularse tres preguntas completamente distintas, pero constantemente confundidas, sobre una cualidad de un *sensum*. 1) ¿Tienen, en realidad, los *sensa* esta cualidad? 2) ¿Qué condiciones deben realizarse para que se produzcan *sensa* con esta cualidad?, y 3) ¿Qué derecho tengo para basar en esta cualidad de mis *sensa* aquellos criterios sobre los objetos físicos y sus propiedades que, en realidad, baso en dicha cualidad? La primera pregunta es totalmente independiente de las otras dos. La única forma de averiguar si un *sensum* tiene o no tiene una determinada cualidad es observar lo más detenidamente posible el propio *sensum*. La segunda pregunta corresponde en parte a la Física, en parte a la Fisiología y quizá en parte a la Psicología (si es que los *sensa* son en grado alguno dependientes de la mente). La tercera es una pregunta que corresponde a la Filosofía criticista. Naturalmente, la respuesta que se le dé determinará la interpretación que hemos de dar a las respuestas dadas por los científicos a 2). A la inversa, la respuesta a 3) deberá ser tal que no contradiga ninguno de los hechos que los científicos han puesto de manifiesto al responder a 2).

Mas constituye un error muy corriente suponer que si 2) debe contestarse de una forma determinada los *sensa* no pueden tener la cualidad en cuestión. Este sofisma me parece haber sido cometido por aquellos que niegan que los *sensa* visuales tengan solidez y posición sensibles, basándose en el criterio de que estas cualidades sólo pueden adquirirse a través de determinadas experiencias pasadas, para llegar a la conclusión de que las cualidades en cuestión no pueden ahora pertenecer a los *sensa* visuales. Esto es, naturalmente, un puro sofisma; pero, antes de examinarlo detalladamente en cuanto a posición y solidez, considero más oportuno abordar el caso del movimiento sensible. Y esto porque podrían utilizarse exactamente los mismos argumentos para demostrar que los *sensa* visuales no tienen movimiento sensible;

y debe estar claro, incluso para el pensador más anticipado, que algunos *sensa* visuales tienen, en realidad, esta cualidad.

Cuando miro a través de un medio homogéneo y vuelvo la cabeza, el estímulo de luz que parte de diversos objetos se mueve sobre mi retina; sin embargo, mis *sensa* no son alterados con movimiento sensible. Cuando miro a través de un medio no homogéneo, y vuelvo la cabeza, el estímulo atraviesa mi retina, y en este caso mis *sensa son* alterados con movimiento sensible. Así vemos que el movimiento del estímulo sobre la retina puede ser una condición necesaria, pero no suficiente, para el movimiento sensible de mis *sensa* visuales. Cuando considero que el objeto que estoy mirando es de la clase de objetos que no se mueven (por ejemplo, la parte trasera de la Mansión), y cuando lo miro en condiciones normales (es decir, a través de un medio homogéneo), los *sensa* parecen inmóviles, a pesar del movimiento del estímulo, siempre que este movimiento sea producido por la vuelta voluntaria de mi cabeza. Parece estar claro, por tanto, que una condición que en parte determina el actual movimiento o quietud de mis *sensa* visuales es mi creencia respecto al movimiento o quietud de los objetos de los que estos *sensa* son las apariencias. Estas creencias deben ser determinadas por experiencias pasadas, no del todo visuales, en relación con *sensa* parecidos. Están, probablemente, presentes en forma de huellas. En condiciones normales estas huellas neutralizan el movimiento sensible que produciría el propio movimiento del estímulo sobre la retina. Pero en cuanto las condiciones dejan de ser normales esta neutralización (que es puramente asociativa e instintiva, pero no deliberada ni racional) no puede encajar en las condiciones anormales y los *sensa* se mueven visiblemente.

Si la teoría anteriormente expuesta es cierta, el actual movimiento o quietud de un *sensum* no está determinado en su totalidad por nada que se encuentre en la naturaleza del actual estímulo. Las huellas dejadas por experiencias pasadas, algunas de las cuales no totalmente visuales, también cooperan, y nos encontramos ante lo que el señor Russell llama un caso de «causalidad mnémona». Sin embargo, está claro que esto no cambia el hecho de que aquí y ahora el movimiento y la quietud visuales son propiedades de los *sensa* visuales, los cuales son «vistos» con la misma precisión que las formas y los colores, siendo inexplicables para una persona ciega.

Estos hechos son típicos de la percepción visual y hacen extremadamente complejo y confuso el problema que debemos afrontar. Por una parte, pasamos *ahora* del movimiento o quietud visible de nuestros *sensa* a los criterios perceptivos sobre el comportamiento de nuestros cuerpos, del medio ambiente y del objeto que decimos estamos mirando. No podríamos sacar tanto de tan poco si no fuera porque muchas de las experiencias pasadas, tanto propias como ajenas, cooperan con el actual *sensum* visual para formar la base de nuestros criterios perceptivos. Mas no sólo cooperan para formar *criterios*. Las verdaderas cualidades y movimientos actuales de nuestros *sensa* son modificados por las huellas dejadas por estas pasadas experiencias. Por tanto, tenemos que tratar con un proceso doble. Las experiencias

de muchas personas (que nos son transmitidas desde nuestra infancia a través de la voz y la acción corporal), así como muchas de nuestras pasadas experiencias, han ayudado a producir nuestra actual creencia en lugares, formas, movimientos, etc., de los objetos físicos, y han ayudado a producir nuestra actual clasificación de éstos en medio ambiente, cuerpo del observador, objeto mirado, etc. *Pari passu* con esto, las huellas dejadas por estas experiencias pasadas (que se manifiestan en nuestras conciencias, cuando lo hacen, como hipótesis y creencias sobre los objetos físicos) cooperan con estímulos actuales y modifican las cualidades de nuestros *sensa*. Y nuestros actuales criterios sobre los objetos físicos están, naturalmente, basados en nuestros *sensa* así modificados.

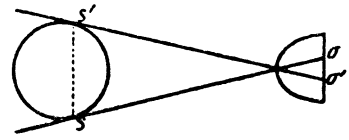
b) Solidez visual

Apliquemos ahora estos principios generales al debatido caso de solidez y distancia visuales, comenzando por la solidez. Ahora está para mí completamente claro, cualquiera que haya sido el aspecto verdadero de mi infancia o de mis lejanos antepasados, que la *solidez* es ahora una cualidad tan auténtica de algunos de mis *sensa* visuales como puede ser la forma plana o el color encarnado. Una esfera no *parece* diferente de un círculo, en el sentido en que un círculo parece diferente de una elipse. Que esto se deba a pasadas experiencias de tacto y a pasadas sensaciones cinéticas muy bien puede ser verdad en cierto sentido, si bien considero que es falso en otro. Debemos distinguir entre cualidad general, susceptible de modificaciones específicas, y su forma particular poseída por un determinado *sensum* particular. Por tanto, en mi opinión, la solidez visual es una cualidad general de los *sensa* visuales, mientras que la esfericidad es una forma particular de aquéllas, la cual pertenece a algunos *sensa*, pero no a otros. Ahora estoy en condiciones de poder creer que la forma particular de solidez que posee un determinado *sensum* puede deberse en parte a las huellas de experiencias pasadas de tacto y movimiento. Puedo creer, por ejemplo, que la particular distribución de luz y sombra sobre mi actual *sensum* se parece a la de un pasado *sensum* que estaba asociado a la experiencia de pasar mi mano sobre la superficie esférica. Y puedo creer que la semejanza del estímulo excitan las huellas dejadas por aquella experiencia, y que éstas cooperan en mi retina con el actual estímulo para producir un *sensum* que es visiblemente esférico. Pero encuentro muy difícil creer que las experiencias de tacto o movimiento puedan *crear* una tercera dimensión en los *sensa* visuales que originalmente sólo tenían dos.

Ahora está claro para mí que la solidez visual es de por sí tan visual como la forma y el tamaño visuales. No consiste de la lisura visual, junto a *criterios* sobre las pasadas o futuras sensaciones de tacto, como tampoco de lisura visual junto a *imágenes* asociadas de pasados o futuros *sensa* de tacto. Es una cuestión de pura reflexión el que la experiencia de solidez visual sea una experiencia tan unitaria como la de forma visual en dos dimensiones, y que es imposible distinguirla

como una parte visual y de tacto. Por consiguiente, estamos obligados a suponer o bien que las experiencias de un sentido pueden crear una dimensión adicional en los *sensa* de otro sentido, o que los *sensa* visuales son por su propia naturaleza de tres dimensiones. No puedo aceptar la primera alternativa a menos que se expongan argumentos suficientemente convincentes contra la segunda. Seguidamente veremos que los argumentos a este respecto carecen de fundamento. Por tanto, supondré que la solidez visual es una característica primitiva de los *sensa* visuales, y que las huellas dejadas por pasadas experiencias visuales y de tacto sencillamente ayudan a determinar *qué forma particular* de solidez visual debe tener un determinado *sensum*.

Si éste es el verdadero resultado de una detenida observación, ningún argumento basado en las condiciones físicas y fisiológicas de la sensación visual puede tener nada en contra. Por el contrario, constituirá uno de los hechos que cualquier teoría referente a las condiciones de la sensación visual se verá obligada a tener en cuenta. Todos los argumentos tendentes a demostrar que la solidez no es una propiedad primitiva de los *sensa* visuales están basados en el argumento siguiente. Siempre que vemos un objeto, una determinada *área* de la retina es estimulada por la luz que proviene del objeto. Este área es una proyección del objeto sobre la superficie de la retina y este área podría igualmente ser la proyección de un sólido o de una figura plana con una forma adecuada. En consecuencia, se alega que no hay nada en el estímulo retinal para poder distinguir entre luz que proviene de un sólido y luz que proviene de una figura plana de contorno adecuado. Por tanto, la vista no nos permite percibir la solidez. Esto puede ilustrarse de la siguiente forma: tomemos una esfera y supongamos que la estamos mirando sólo con un ojo. La luz que proviene de la esfera afecta a un círculo sobre la retina cuyo diámetro es $\sigma\sigma$,



Si cortamos la parte de la esfera frente a SS′ y toda la esfera detrás de SS′, dejando sólo el disco circular con el diámetro SS′, el área de la retina afectada por la luz que proviene del disco será exactamente igual a la afectada por la luz que proviene de toda la esfera, o sea, el área circular con un diámetro $\sigma\sigma'$. Sobre esta base se alega que el *sensum* visual debe ser igual en ambos casos. No cabe duda de que habrá una diferencia de luz y sombra en el *sensum* vinculado con la esfera, pero ésta es la única diferencia. Y este efecto podría ser producido utilizando un disco plano adecuadamente sombreado en lugar de uno iluminado uniformemente, como en realidad ocurre cuando los pintores desean representar esferas sobre lienzos planos. A la inversa, la ordenación de líneas que en realidad se encuentran sobre un plano pueden «parecer sólidas». Como conclusión podemos decir:

a) Que la solidez no es una propiedad primitiva de los *sensa* visuales; y *b)* Que, incluso ahora, «parecer sólido» significa simplemente evocar determinadas imágenes, recuerdos o expectativas de experiencias de tacto y cinéticas.

Este argumento, que *debe* estar equivocado si es cierto que la solidez visual es una propiedad unitaria e inanalizable de los *sensa*, descansa en suposiciones tácitas; y cuando éstas aparecen al desnudo, pierde su verosimilitud. Dicho argumento da por supuesto: *a)* Que como el *estímulo retinal* de la sensación visual comporta dos dimensiones, el correspondiente *sensum visual* no puede tener más de dos dimensiones. Y es esta suposición lo que hace posible mantener que el propio *sensum* visual *debe* ser una mera superficie y que, por consiguiente, la solidez visual necesita ser explicada. Mas no existe la mínima razón para aceptar esta suposición. No existe razón alguna por la que un *sensum* no pueda tener un mayor número de dimensiones que el estímulo fisiológico del que depende. De ahí que, incluso si es cierto que la condición necesaria y *suficiente* para una sensación visual es un área estimulada de la retina, esto no es razón para que algunos otros o todos los *sensa* visuales no puedan ser tridimensionales. *b)* El argumento en cuestión parte, asimismo, de la suposición de que las condiciones completas de un *sensum* visual deben estar presentes en el estímulo retinal con el que está relacionado. Si existe cualquier otra cosa que coopera, como, por ejemplo, una huella de una pasada experiencia cinética de tacto, se supone que esto sólo puede producir *imágenes asociadas* de tacto y no modificaciones en los *sensa visuales*. Esto no deja de ser también una mera suposición, que ni siquiera es antecedentemente probable. En todo caso, la sensación visual no surge hasta que el estímulo haya pasado de la retina, a través del nervio óptico, al cerebro. Es puro dogmatismo afirmar que lo que ocurre en el cerebro corresponde punto por punto a lo que ha ocurrido en la retina y que allí no entran en juego otros factores adicionales, los cuales pueden ser constantes cuando los estímulos retinales varían, o variables cuando los estímulos retinales son iguales. Ahora bien, si *toda* sensación visual depende en parte de lo que ocurre en el cerebro y de lo que ha ocurrido en la retina, no cabe duda de que es pura pedantería afirmar que la forma sólida de un determinado *sensum* visual no puede ser una auténtica propiedad de éste, debida a que una de sus condiciones fue una huella dejada en el cerebro por una pasada experiencia de *tacto*. Debemos juzgar los *sensa* como se juzgan a los aristócratas por sus actuales propiedades y no por sus antepasados.

En mi opinión, la verdad es la siguiente: 1) Los *sensa* visuales, como tales, pueden ser sólidos. Existe la cualidad de solidez visual y ésta pertenece a algunos *sensa* del mismo modo que la forma de un *sensum* plano pertenece a éste. 2) Las condiciones completas de cualquier *sensum* visual comprenden: *a)* Un área estimulada de la retina (o lo que punto por punto corresponde a esto en el cerebro mediante la transmisión a través del nervio óptico); y *b)* Determinadas condiciones en el propio cerebro que son independientes del actual estímulo en la retina. 3) Entre estas condiciones independientes se encuentran

huellas dejadas en el cerebro por pasadas experiencias de vista, tacto y movimiento. Estas huellas, por lo general, no se manifiestan en la conciencia. Pero en aquellos casos en que así se manifiestan están representadas como recuerdos y expectativas sobre objetos físicos. 4) Generalmente, estas huellas cooperan simplemente con los estados del cerebro provocados por el estímulo retinal, produciendo una sensación visual cuyo *sensum* es de tal y tal clase. Resulta, por tanto, razonable suponer que la solidez visual de dos *sensa* pueda ser diferente, aunque el área estimulada de la retina sea la misma. Pongamos el ejemplo del disco y la esfera. En ambos casos, el mismo área circular de la retina es estimulado y la perturbación es transmitida desde ella a una parte correspondiente del cerebro. Mas en ninguno de los dos casos esto es suficiente para determinar totalmente la naturaleza del *sensum* visual que deberá sentirse en dicho momento. Las otras condiciones necesarias comprenden factores procedentes del cerebro que son independientes del actual estímulo y que existían antes de que éste se produjera. Entre estos factores se encuentran huellas dejadas por pasadas experiencias. Ahora bien, la distribución de la luz en el caso de la esfera estimula determinadas huellas, h_s, mientras que la distinta distribución de la luz en el caso del disco uniformemente iluminado estimula otras determinadas huellas, h_d. Si llamamos σ_s y σ_d a las apariencias visuales de la esfera y del disco, respectivamente, y r al área común de la retina estimulada, obtendremos

$$\sigma_s = \phi(r, h_s) \text{ and } \sigma_d = \phi(r, h_d);$$

y la forma sensible de los dos *sensa* tendrá formas diferentes, o sea, la forma esférica sólida y la forma plana redonda. A la inversa, supongamos que estamos mirando un dibujo en perspectiva de un cubo colocado sobre un pedazo de papel plano. Si en ese momento pensamos principalmente en sólidos, como generalmente es el caso, una huella, h_c, dejada por pasadas experiencias adquiridas acerca de cubos, será estimulada; si, por el contrario, en ese momento pensamos principalmente en el pedazo de papel plano, será estimulada una huella distinta, h_f. Los dos *sensa visuales*

$$s_c = \phi(r, h_c) \text{ and } s_f = \phi(r, h_f),$$

se diferenciarán, por tanto, según la forma específica que adopte su respectiva forma sensible.

c) Distancia visual

Ahora podemos abordar la cuestión de la distancia visual, que tiene más importancia para el problema que nos ocupa y en torno a la cual ha surgido casi la misma controversia. Se nos ha dicho *ad nauseam*, desde los días de Berkeley, que no *vemos* objetos a una distancia nuestra, sino que la percepción de distancia mediante la vista es simplemente imágenes de tacto y sensaciones cinéticas asociadas. Supongo que esto quiere decir que la distancia no es una propiedad intrínseca de nuestros campos visuales, como son el color, el tamaño

y la forma. Para mí es ahora completamente evidente que sí siento diferentes manchas de color a diferentes distancias visuales. Cuando se dice que no *vemos* distancias fuera del cuerpo, esto sólo es cierto respecto a la visión monocular, en cuyo caso no hay nada en el estímulo retinal que esté *singularmente* correlacionado con la distancia de la fuente de luz desde mi ojo. Supongo que en la visión binocular existe una paralaje entre las dos impresiones retinales. A fin de dar la mayor fuerza posible al argumento contra el que me he manifestado me limitaré a la visión monocular.

Es cierto que si coloco un palo de seis pulgadas a seis pies de mi ojo su proyección en mi retina es igual a la de un palo de un pie de largo colocado a doce pies de mi ojo, paralelamente al primero. El factor único de longitud en la impresión retinal tiene que representar a los *dos* factores de longitud y distancia del objeto físico. Esto, naturalmente, aparece aún mucho más claro si dejamos fijo uno de los extremos del palo y el otro lo movemos en diversas direcciones en el Espacio. Las diversas proyecciones en la retina tienen muchas longitudes diferentes; mas todas esas proyecciones podían haber sido igualmente producidas por palos de longitudes adecuadas, limitando todas sus direcciones al plano paralelo al cuerpo del observador. De ahí que no haya nada en la impresión retinal que distinga entre una serie de palos de diversas longitudes colocados en diversas direcciones en el Espacio. La conclusión a la que podemos llegar es que la distancia fuera del cuerpo no es un atributo de los *sensa* como tales, como son la longitud y la anchura; la distancia que aparentemente «se ve» consiste de imágenes asociadas de experiencias cinéticas y de tacto realizadas en el pasado.

Respecto a este argumento cabe hacer las mismas observaciones que ya hicimos respecto al argumento tendente a demostrar que no existe una cualidad denominada solidez visual.

1) Cualquiera que sea la historia del proceso, *ahora* es un hecho que un *sensum* visual es visiblemente más lejano que otro, y que un palo de seis pulgadas de largo y a seis pies de distancia *parece* diferente de un palo paralelo que tenga un pie de largo y esté a doce pies de distancia.

2) Esta distancia sensible puede ahora analizarse en *sensum* de un determinado tamaño y sin distancia, junto a imágenes revividas de pasadas sensaciones cinéticas y de tacto. La distancia visual es una cualidad tan simple y unitaria (independientemente de que sea verdad respecto a sus condiciones) como la longitud o anchura visuales.

3) Resulta extremadamente difícil creer que los *sensa* visuales comenzaran sin una cualidad como la distancia, adquiriendo después una cualidad suplementaria, perfectamente intercambiable con sus primeras cualidades de longitud y anchura, a través de la asociación con experiencias de otro sentido.

4) El hecho de que no haya nada en el estímulo retinal que esté singularmente correlacionado con la distancia en forma alguna demuestra que los *sensa* visuales no tienen, desde el mismo principio, alguna forma de distancia visual. Es igualmente cierto que no existe

cosa alguna en el estímulo retinal que corresponda *singularmente* a la longitud o anchura del objeto que estamos mirando; no obstante, esta teoría no vacila en sostener que la longitud y la anchura son cualidades auténticas de los *sensa* visuales. En realidad, nada sino el prejuicio puede obligarnos a suponer que porque un estímulo fisiológico tiene sólo *n* dimensiones, el *sensum* que está correlacionado con él no puede tener más de *n* dimensiones. Es, por tanto, completamente factible sostener que todos los *sensa* visuales tienen, por su propia naturaleza, una u otra distancia visual. El único problema estriba en demostrar que aquí y ahora un *sensum* visual tiene una distancia sensible y que otro *sensum* visual tiene otra.

5) Para poder explicar esto debemos recordar que, desde cualquier punto de vista, no es el propio estímulo retinal, sino un proceso en el cerebro, lo que constituye el último eslabón en la serie de acontecimientos que terminan en una sensación visual. Siendo esto así, no es inadmisible suponer que las totales condiciones fisiológicas de cualquier sensación visual comprenden: *a)* Una serie de estados cerebrales que corresponden a los acontecimientos mediante transmisión en un área estimulada de la retina; y *b)* Determinados estados cerebrales que son independientes del actual estímulo retinal. Entre estos últimos se encuentran huellas dejadas por pasadas experiencias de vista, tacto, movimiento, etc.; y éstos juegan un importante papel en la valoración de la distancia visual que un *sensum* visual dado debe tener. Por consiguiente, es perfectamente inteligible que la longitud y distancia sensibles de dos *sensa* sean diferentes cuando el estímulo retinal tiene el mismo tamaño y forma, y lo mismo a la inversa. Esto es simplemente otro aspecto del mismo principio general, cuya aplicación ya hemos visto en el caso de movimiento y quietud sensibles y en el de solidez visual.

Al atribuir distancia a los *sensa* visuales surge la dificultad particular que ahora debemos afrontar. Se arguye que distancia es, en esencia, una relación entre dos términos, y que una relación no puede sentirse literalmente, a menos que ambos términos sean también sentidos. Si esto es así, no sentimos visualmente una línea dada, a menos que sintamos visualmente sus dos extremos. Ahora bien, es evidente que no sentimos visualmente nuestras propias retinas y, por tanto, es imposible que sintamos visualmente la distancia de los *sensa* visuales desde ellas. Este es un argumento completamente admisible y para hacerle frente debemos hacer ciertas distinciones.

1) Lo primero que observamos es que la percepción de una distancia visual es, en primer lugar, una percepción de la distancia entre dos *sensa* visuales, y no una percepción de la distancia de cualquiera de ellos desde nuestra retina. Es absolutamente cierto que la distancia de los *sensa* desde nuestra retina no es sentida por la vista. La realidad es que sólo en un sentido extremadamente pickwickiano es posible dar un significado al concepto de distancia entre un *sensum* visual y algo, como la retina, que no tiene nada de un *sensum*. Lo que pretendo explicar es que cuando abro los ojos percibo un campo visual en el que diferentes partes tienen diferentes profundidades. Lo que siento

como distancia visual es la *diferencia de profundidad* entre dos *sensa* en este campo.

2) Debemos, por tanto, distinguir entre *profundidad* visual y *distancia* visual. Profundidad es una cualidad sensible, no una relación sensible. Distancia visual es una relación sensible entre dos *sensa* visuales, *basados* en la diferencia de sus respectivas profundidades visuales. Cuando sentimos dos *sensa* con diferentes profundidades visuales sentimos *ipso facto* la relación de distancia visual entre ellos. Si únicamente sentimos un solo *sensum* visual (digamos un destello luminoso en una noche obscura) no sentimos distancia, sino que sentimos profundidad. Es cierto, naturalmente, que resulta muy difícil determinar con exactitud la profundidad, prescindiendo de la distancia. Esto no tiene nada de extraño, pues es, asimismo, muy difícil determinar de manera exacta longitudes si no es comparando un objeto con otro. Sin embargo, los objetos tienen sus propias longitudes y las relaciones que captamos entre ellas al efectuar la comparación y la medición están basadas en las longitudes de cada uno de ellos.

3) Los *sensa* se encuentran a una distancia nula de nuestra retina, no en el sentido de que se encuentran a cero distancia de ella, como lo están los puntos de contacto de dos bolas de billar cuando chocan, sino en el sentido de que el concepto de distancia visual no tiene significación alguna, no tratándose de pares de *sensa* visuales. Están a una distancia nula en el sentido en que puede decirse que mi creencia de que $2+2=4$ se encuentra a una distancia nula de mi deseo de tomar té. Puede definirse un sentido pickwickiano de distancia en el que resulta cierto afirmar de manera general que los *sensa* visuales de menos profundidad se hallan más próximos a mi ojo que los *sensa* visuales de mayor profundidad. Pero este sentido pickwickiano entraña una referencia al movimiento y a otras cosas que nos quedan por examinar. La interpretación de profundidad de un solo *sensum* visual en términos de la distancia entre dicho *sensum* y el ojo encuentra, naturalmente, una sólida base en el hecho de que cuando *dos sensa* con diferente profundidad son ambos sentidos, puede captarse inmediatamente la relación correlativa de la distancia visual entre ellos.

Me he referido ampliamente al movimiento y quietud, solidez y distancia visuales por tres razones: 1) Demuestran la extrema complejidad de las relaciones entre los *sensa* (si es que éstos existen, como suponemos a lo largo de todo el libro) y los objetos y procesos físicos, y muestran que debe suponerse la pasada historia y las actuales expectativas del perceptor que son condiciones parciales de algunas de las cualidades y relaciones de los *sensa*. Esto destruye por completo esas formas baratas y simplonas del realismo ingenuo y exportadas al por mayor desde el otro lado del Atlántico. 2) El problema de la percepción de la distancia y solidez visuales mediante la vista es muy complejo e intrínsecamente interesante, y hemos mostrado que muchos viejos argumentos sobre estos temas descansan en suposiciones que, claramente formuladas, no son en absoluto convincentes. 3) Las conclusiones a las que hemos llegado sobre la distancia y solidez visuales tienen una gran importancia para el problema que nos ocupa, o sea,

el examen de los conceptos de posición y forma aplicados a los *sensa*, por una parte, y a los objetos físicos, por otra.

Mi opinión es que casi todos los *conceptos generales* que hemos utilizado respecto al Espacio, por ejemplo, distancia, dirección, lugar, forma, etc., provienen de la vista, mientras que la noción de *un* Espacio y los *particulares valores cuantitativos* que en casos especiales adoptan estos conceptos generales, se deben, principalmente, al tacto y al movimiento. Las series de sensaciones cinéticas son, como tales, experiencias de distancia, dirección, etc.; y no veo cómo pueden ser interpretadas en tales términos, a menos que la vista proporcione antes los conceptos necesarios. Antes de seguir más adelante haré un resumen de las conclusiones y expondré en líneas generales mi opinión personal.

a) El mundo físico es concebido como algo que comprende en cualquier momento diversos objetos coexistentes de distintas formas y tamaños que mantienen diversas relaciones espaciales recíprocas.

b) Los conceptos, en cuyos términos es formulada esta opinión, provienen principalmente de la vista, y difícilmente podrían haber sido originados independientemente de ella. La vista nos proporciona a cada uno de nosotros, en cada momento, un prolongado campo visual en el que destacan manchas de color de diversas formas y tamaños. Estas coexisten; en muchos casos son sensiblemente sólidas; mantienen diversas relaciones recíprocas en tres dimensiones, cuyas relaciones son sensiblemente sentidas.

c) Sin embargo, estas experiencias visuales requieren unas adiciones antes de poder dar origen al concepto tradicional de Espacio físico. En primer lugar, forma, tamaño, distancia, etc., visuales no son cualitativamente muy precisos. Además, el Espacio no se considera ni momentáneo ni privado. El y los objetos situados en él son considerados como propiedad pública que todos los observadores pueden percibir. El Espacio es considerado como el envase permanente en el que existen, perduran, cambian y se mueven los objetos físicos. Por tanto, es necesario vincular entre ellos: 1) Los sucesivos campos visuales del mismo observador, y 2) Los campos visuales simultáneos de diferentes observadores. Este hecho puede muy bien anticipar que la separación tradicional entre Espacio y Tiempo no constituye un hecho esencial, sino una ficción conveniente que desempeña tan favorablemente su papel a causa de determinadas condiciones que generalmente existen en la vida cotidiana.

d) Considero que el vínculo entre los diversos campos visuales son fundamentalmente las experiencias del movimiento corporal y de tacto. Estas nos permiten también conceder una precisión cuantitativa a los principales conceptos cualitativos derivados de la vista.

e) Estas series de movimiento-sensaciones no son de por sí sensaciones de relaciones espaciales. Son series en el Tiempo; mientras que se considera que las relaciones espaciales vinculan términos contemporáneos. Son *interpretadas* espacialmente, en términos de los conceptos que sólo puede proporcionar la vista, a través de la asociación de aquéllos con la experiencia visual.

f) El exacto detalle cuantitativo y la unidad del Espacio físico,

según los concebimos, se deben, por tanto, a la estrecha asociación de la vista con las sensaciones de tacto y de movimiento. Pero las huellas de estas sensaciones no cumplen simplemente la función de recordar criterios o imágenes o posibles experiencias de movimientos y de tacto del pasado; también modifican gradualmente las presentes propiedades de nuestros *sensa* visuales. De este modo, los *sensa* vinculados con una perturbación retinal dada pueden adquirir una forma, tamaño y profundidad visuales diferentes de la que tienen a primera vista.

g) Con esto no quiero decir, claro está, que los atributos espaciales de los *sensa* visuales pueden ser modificados *indefinidamente* por asociación con otras experiencias, o que tal asociación no se manifiesta siempre mediante un mero criterio, sin modificación de las cualidades de los *sensa*. Si miro, por ejemplo, lo que creo ser un objeto redondo en una dirección considerablemente oblicua, las huellas de pasadas experiencias no hacen que el *sensum* aparezca redondo, sino que permanece visiblemente oblicuo. Lo que en este caso hacen las huellas no es modificar el *sensum*, sino simplemente originar el criterio de que, en realidad, se trata de un objeto físico redondo. El *significado* de redondez está basado fundamentalmente en experiencias visuales; el hecho de que yo *aplique* el concepto de redondez y no de elipticidad al objeto percibido se debe esencialmente a las huellas asociadas de experiencias motrices y de tacto; pero éstas sólo modifican mi criterio sobre un objeto físico en este caso, y, en realidad, no hacen que el *sensum* aparezca redondo. Esto puede compararse con el ejemplo que consiste en mirar a través de un medio homogéneo a un objeto que se considera está quieto, volviendo después la cabeza. En este caso, las huellas dejadas por las experiencias cinéticas y de tacto que he tenido en el pasado en relación con estímulos retinales similares, impiden que el sensum tenga movimiento sensible alguno. Si el medio no es realmente homogéneo, estas huellas proporcionarán automáticamente una «rectificación exterior», y los *sensa* se moverán visiblemente.

h) En general, podemos decir que las huellas de experiencias pasadas *tienden* a modificar las cualidades de los *sensa* visuales en una dirección tal que cada vez se aproximan más a aquellas cualidades que suponemos posee el objeto que estamos mirando. A menudo, la aproximación es muy defectuosa; pero, por regla general, esto no influye mucho sobre nuestros criterios respecto a los objetos físicos, basados en nuestros *sensa*.

i) En todo caso, los atributos espaciales que atribuimos a un objeto físico sobre la base de un estímulo actual y de las huellas de experiencias pasadas, obtienen todo su *significado* de los *sensa* y de sus propiedades y, fundamentalmente, de las propiedades de los *sensa* visuales. Puedo considerar que estoy mirando a un penique redondo porque siento un *sensum* elíptico; pero lo que pretendo decir al llamarlo «redondo» es que tiene la misma clase de forma que determinados *sensa* visuales sentidos por mí en el pasado (por ejemplo, cuando miro a los peniques directamente desde arriba).

j) Debemos también recordar que en noventa y nueve casos sobre

cien, el resultado de la asociación, tanto si modifica el actual *sensum* como si no lo modifica, no consiste en originar un *criterio* explícito sobre un objeto físico y sus propiedades, sino en conducirnos hacia *acciones* adecuadas. Cuando decimos que un *sensum* elíptico, junto con las huellas de experiencias pasadas, nos lleva a considerar que estamos mirando a un objeto físico redondo, estamos emitiendo una formulación excesivamente intelectual sobre los hechos. La peculiar experiencia de considerar o creer puede no producirse en absoluto en nuestra mente, y lo más probable es que no se produzca, si en ese determinado momento estamos más interesados en la acción que en la reflexión —como el actual estado del mundo demuestra que están la mayor parte del tiempo la mayoría de las personas—. Lo que en realidad ocurre es que actuamos como normalmente se espera que actuemos *si* hubiésemos formulado tal y tal criterio.

EL CONCEPTO DE LUGAR

a) Lugar sensible

Examinemos ahora detalladamente el concepto de lugar, en relación con los *sensa* y los objetos físicos. Empezaremos por los *sensa* visuales. El significado substancial de «lugar» respecto a los *sensa* visuales es el lugar que éstos ocupan en el campo visual del observador que los siente. Llamaré esto *Lugar Visual Sensible.* También encontraremos conveniente decir que tal y tal mancha de color está *sensiblemente presente* en un lugar determinado de un campo visual. La presencia sensible es: *a)* Directamente experimentada por la vista; *b)* Literal e inanalizable, no pickwickiana; y *c)* Privativa de un solo observador, en el sentido de que sólo es aplicable a los *sensa* de su campo. La presencia sensible es una relación entre un *sensum,* que es parte del campo, y el resto del campo. Dos personas distintas tienen campos visuales distintos, y la misma persona tiene diferentes campos en momentos diferentes. Puede decirse que un campo visual dura tanto como el presente lato del observador de quien es el campo. Analizaremos esta cuestión más detalladamente cuando abordemos los conceptos de tiempo y duración respecto a los *sensa* y los objetos físicos. En este capítulo partiré de la simplificadora suposición de que nuestros campos sucesivos son literalmente momentáneos. En realidad, esto no es verdad, ya que un campo momentáneo es algo que sólo puede definirse por Abstracción Extensiva; pero siempre es más acertado abordar las dificultades una tras otra.

Ya he dicho anteriormente que, en mi opinión, el campo visual, con sus diversas manchas de color que destacan a diferentes profundidades y en diferentes direcciones contra un fondo más neutral, constituye la única base sensible que puede dar un *significado* al concepto de Espacio. El concepto de Espacio es el de una clase completamente única de conjunto de partes coexistentes y, si no hubiéramos captado nunca sensiblemente un momento individual concreto de tal conjunto,

jamás nos hubiéramos podido formar dicho concepto. El campo visual me parece *un* ejemplo, el *único* ejemplo, de conjunto espacial que conocemos directamente. Ahora bien, una vez que un concepto ha sido *adquirido* a través del conocimiento sensible de un caso particular del mismo, puede ser *aplicado*, en pensamiento, a conjuntos que nunca son sentidos como tales, sino que sólo son concebidos por la reflexión sobre experiencias que nos llegan fraccionadamente. Para poder aplicar el concepto de tales conjuntos son necesarias muchas modificaciones de detalle, y éstas serán indicadas por las características de las diversas experiencias que sintetizamos en el concepto de un conjunto cuasi-espacial. Por ejemplo, si preguntamos a un científico qué comprende por la formulación de que un átomo consiste de una serie de electrones situados en el Espacio formando una imagen característica, no podrá *definir* lo que él comprende utilizando *conceptos* distintos. Pero sí podrá contestar presentando ejemplos de lo que quiere decir. Puede decirnos que miremos al cielo en una noche clara. Después puede decir que considera los electrones como algo análogo a los puntos destellantes de nuestro campo visual, y que los electrones forman una imagen en el Espacio, en el mismo sentido en que estos pequeños puntos forman una imagen en nuestro campo visual. En realidad, una partícula de materia en el Espacio físico representa lo mismo que un *sensum* visual en un campo visual. Este es el sentido substancial, no pickwickiano, en que se concibe que las cosas ocupan lugares en el Espacio. Lo que debemos ahora considerar son los hechos sobre nuestros *sensa* y las otras experiencias que nos estimulan a extender la aplicación de este concepto más allá del campo visual y sus *sensa*.

b) Copresencia de «sensa» visuales de diferentes campos

Si miro a un penique y, tras permanecer quieto, me muevo, siento una serie sucesiva de campos visuales. En cada uno de éstos hay un *sensum* que es una apariencia del penique. Además, si varios observadores miran juntos al penique, habrá en el mismo momento tantos campos visuales como número de observadores. Cada uno contiene un *sensum* que es una apariencia del penique. Decimos que las apariencias en los campos sucesivos de cada observador, y las apariencias en los campos contemporáneos de los diversos observadores están todos en cierto sentido «en el mismo lugar», y decimos que éste es «el lugar donde está el penique». Es evidente que los fenómenos que acabo de describir constituyen la base sensible de criterios tales como «sigo viendo el mismo penique» y que otras personas y yo «vemos juntos el mismo penique». Si no existieran tales correlaciones entre mis propios campos sucesivos y entre los campos contemporáneos de varios observadores, no existiría fundamento para hacer asertos de esta índole.

Ahora está completamente claro que cuando digo que varios *sensa* de diferentes campos están en el mismo lugar, no puedo referirme a «lugar sensible», según ha sido descrito anteriormente, ya que tal concepto se refiere, en esencia, a la relación entre un *sensum* y su propio campo. Por tanto, debemos tratar de averiguar con exactitud

el valor efectivo, en términos de experiencia sensible, de los criterios: *a)* Que los diversos *sensa* visuales están en el mismo lugar, y *b)* Que es en este lugar donde está el penique físico. Cuando examinemos casos anormales, como las imágenes en el espejo, veremos que a veces el primer criterio es cierto cuando el segundo es falso. Pero ahora nos limitaremos a casos más corrientes.

Ocurre a menudo que los sucesivos campos visuales de un observador son muy similares. Particularmente, puede haber una serie de *sensa* $s_1 \ldots\ldots s_n$ en sus sucesivos campos $c_1 \ldots\ldots c_n$, que son muy parecidos. Tomemos el caso de una persona de la que se dice está mirando directamente a algún objeto luminoso inmóvil a través de un medio homogéneo. ¿Qué clase de *sensa* visuales sentirá? En primer lugar, atraerá su atención un determinado *sensum* s_0 en el campo c_0. Este puede encontrarse en algún lado lateral del campo. Supongamos que vuelve la cabeza de manera que, como decimos, esté mirando ahora al objeto del que este *sensum* es una apariencia. Lo que ocurre es que vuelve la cabeza cuando capta un campo c_1, en cuya mitad se encuentra un *sensum* s_1, cuyo color, forma, etc., se parece mucho al *sensum* s_0 que originalmente atrajo su atención. Este tendrá una determinada profundidad sensible. Supongamos que ahora empieza a andar «de frente». Sentirá una serie de campos visuales, de los cuales, por regla general, serán ciertas las siguientes proposiciones:

1) En cualquiera de estos c_r se hallará en medio un *sensum* s_r muy parecido en forma y color a s_1.

2) Las profundidades sensibles de los sucesivos *sensa* $s_1 \ldots\ldots s_n$ disminuirán gradualmente, mientras aumentarán su resplandor, claridad y tamaño.

3) Este aumento en claridad y tamaño llegará a su máximo digamos en el *sensum* s_n del campo c_n.

4) Si va más lejos, comenzarán a producirse diversas cosas nuevas y sorprendentes. A menudo observará que si estira el brazo sentirá *sensa* de tacto correlacionados en forma con el *sensum* visual. Puede también quemarse los dedos. Generalmente, encontrará su camino obstruido.

5) Si logra superar el obstáculo observará que su campo c_{n+1} no tiene *sensum* s_{n1}, como ocurre con los de la serie $s_1 \ldots\ldots s_n$.

6) En repetidas ocasiones podrá sentir un campo c'_{n+1}, que contiene el *sensum* s'_{u+1} de la clase conveniente, siempre que se vuelva en la forma correspondiente. La esencia de este proceso es, pues, una sucesión de campos visuales, cada uno de los cuales contiene en su centro uno de una serie de *sensa* cualitativamente similares de una profundidad gradualmente menor y un resplandor y claridad gradualmente mayores, seguido por una gran discontinuidad y el comienzo de nuevas sensaciones, si bien a menudo correlacionadas.

Ahora supongamos que en otra ocasión la persona no trata de volver la cabeza a fin de sentir un campo visual con un *sensum* como s_0 en el centro. Supongamos que esta vez anda en alguna otra dirección, parándose en algún punto del camino. Llamemos a su campo visual en dicho momento θ. θ^{nu} puede o no puede contener un *sensum* como s_0.

Si lo contiene, es indudable que el *sensum* no estará en el centro del campo, y probablemente será una proyección muy deformada de s_0. Pero, en ambos casos, generalmente, podrá sentir, volviendo adecuadamente la cabeza, un campo c'_1, en cuyo centro hay un *sensum* s'_1 que se parece mucho a s_0, aunque, por regla general, no en la misma medida en que se parecen entre sí los *sensa* de la serie s_1 ..... s_n. (Como hemos dicho, está viendo un lado diferente del objeto.) Si ahora empieza a andar de frente, por regla general sentirá una serie de campos visuales c'_1 ..... c'_n, en cuyo centro de cada uno hay un *sensum* de una serie s'_1 ..... s'_n. Esta serie tendrá la misma clase de relaciones internas que la serie s_1 ..... s_n, y terminará de la misma forma catastrófica. Ahora bien, nuestro solitario observador percibirá a menudo que cualquiera que sea el sitio donde comience puede sentir, volviendo adecuadamente la cabeza, esta serie de *sensa*. De este modo llega a captar una región central de discontinuidad hacia la que puede andar desde cualquier posición y respecto a la cual pasa a través de series de *sensa* visuales similares de profundidad que disminuye y claridad que aumenta.

Por otra parte, verá reforzada la noción de un volumen central por algunos de sus otros sentidos. Los otros dos sentidos que actúan a distancia son el auditivo y la sensación de calor irradiado. Estos comportan diferencias interesantes entre sí y respecto a la vista, que merecen la pena ser expuestas. Comencemos por el sonido. Existe un *continuum* auditivo del que destacan determinados ruidos, del mismo modo que determinadas manchas de color destacan del *continuum* visual. Pero, mientras las manchas de color tienen formas y tamaños precisos, los ruidos carecen de ellos. Resulta extremadamente difícil formular las vagas características espaciales de un campo de sonido. Indudablemente, en él pueden sentirse las diferencias de dirección, pero cada sonido parece llenar todo el campo auditivo, aunque, en realidad, cada sonido está más intensamente presente en una de sus partes y otro en otra parte. Las manchas de colores en el mismo campo visual no se compenetran. Dos colores diferentes no pueden estar sensiblemente presentes en el mismo lugar en el mismo campo visual. Un color está sensiblemente presente en un lugar o no lo está. No es una cuestión de menor o mayor grado. Pero cada sonido parece estar presente en todo lugar en el campo auditivo, aunque, en realidad, está «más» presente en algunos lugares que en otros. Esta diferencia entre la presencia sensible de sonidos y colores conduce a una diferencia en la forma en que el sentido común supone que están presentes en el Espacio físico. El sentido común dice que los colores que ve están esparcidos sobre las superficies que puede tocar. Se niega a decir que están presentes en el medio que existe entre aquélla y el cuerpo del observador. Pero el sentido común no sostiene que el ruido de una campana está esparcido sobre la superficie de la campana, o incluso que está confinado al volumen de la campana. Creo que el sentido común preferiría decir que el sonido está presente en todo el aire circundante, y que hay, sencillamente, «mayor cantidad de sonido por unidad de volumen» a medida que nos acercamos a la campana.

Aparte de esta importante diferencia, a la que más adelante tendremos que volver, existe una sorprendente similitud entre ver y oir. Si sentimos un sonido s_0 (por ejemplo, la apariencia auditiva de una campana que tañe) podemos volver la cabeza de tal forma que un *sensum* parecido s_1 «ocupa el centro del campo auditivo». Si después empezamos a andar de frente, por regla general sentimos una sucesión de campos auditivos c_1 ..... c_n, en cuyo centro cada uno contiene un miembro de una serie de *sensa* auditivos s_1 ..... s_n. Estos son cualitativamente parecidos y de creciente sonoridad, aunque no creo que pueda afirmarse la existencia de algo correspondiente a la continua disminución de profundidad sensible que encontramos en una serie de *sensa* visuales. Cuando se llega a un determinado grado de esta serie se observa, generalmente, que al extender los brazos hacia adelante se captan *sensa* de tacto y que, al hacer esto, el sonido cesa o es modificado. Cuando nos acercamos desde diferentes puntos o pasamos el obstáculo en que tales series generalmente terminan, se registran resultados exactamente paralelos a aquellos descritos en el caso de la vista. Así vemos que los *sensa* auditivos también nos conducen a la noción de «centros». Ahora bien, en muchísimos casos, tanto si nos movemos de acuerdo con las indicaciones de los *sensa* visuales como de los *sensa* auditivos, terminaremos con sensaciones de tacto similares después de una serie similar de sensaciones cinéticas. Esto ocurre, por ejemplo, si primero miramos con los ojos fijos a una campana que tañe y luego abrimos los oídos y cerramos los ojos. En este caso, llegamos a pensar en centros de discontinuidad que pueden ser accesibles desde todos los lados, y que no son simplemente centros de color o de sonido, sino centros de ambos.

Si ahora nos preguntamos por qué se sostiene que los colores están sobre las superficies que rodean tales volúmenes centrales, y no en cualquier otro sitio, al mismo tiempo que se sostiene que los sonidos están tanto dentro como alrededor del centro sonoro, la respuesta es muy sencilla. Los *sensa* visuales tienen profundidad sensible; ésta disminuye gradualmente en los sucesivos *sensa* que sentimos a medida que nos aproximamos al centro, pero nunca desaparece completamente hasta que nos encontramos demasiado cerca del centro para poder sentir cualquier *sensum* de esta serie. Por otra parte, los ruidos no tienen límites fijos; no se excluyen unos a otros del mismo lugar sensible; y creo que no tienen «profundidad» sensible. Por consiguiente, no existe razón alguna para afirmar que nos aproximamos al *sonido* cuando nos aproximamos al *centro sonoro*. Se sostiene que una parte del sonido existe dondequiera que nos encontremos cuando lo oímos; lo que ocurre es que está presente con mayor densidad en los lugares más próximos al centro sonoro.

Refirámonos ahora brevemente a la sensación de calor irradiado. En este caso, tenemos series de *sensa* de la misma clase que respecto al sonido. De nuevo nos conducen a la noción de centros de discontinuidad y, en general, a centros que son comunes al calor irradiado, al sonido y a la vista. Mas, en el caso del calor, existe una interesante e importante peculiaridad. Si partimos de una distancia del centro

sentimos un *sensum* de calor; y a medida que nos aproximamos, nuestros sucesivos *sensa* de calor son cada vez más intensos, en la forma acostumbrada. Ahora bien, como de costumbre, cuando llegamos a cierto punto de la serie podemos sentir *sensa* de tacto al extender los brazos de frente. Por lo general, estos *sensa* serán intensa y dolorosamente calientes. El aspecto interesante es que, en este caso, el calor se siente *tanto* en el espacio circundante como sobre la superficie del volumen central. En el campo de los *sensa* de calor no existe profundidad sensible, por lo que, como ocurre con el sonido, no localizamos los sucesivos *sensa* en el volumen central. Por otra parte, cuando sentimos el volumen central, los propios *sensa* de tacto son calientes. Por ello, se considera que el calor llena el espacio circundante y mora en o sobre el volumen central. Ahora bien, el sentido común considera lo que puede ser sentido como *el* objeto físico *par excellence*, y el lugar hacia el que uno debe moverse para sentir los *sensa* de tacto, como el lugar del objeto. Como consecuencia de la profundidad visual y su gradual disminución a medida que se aproxima uno a tales volúmenes centrales, el sentido común considera que todos los sucesivos *sensa* visuales están localizados sobre este volumen. Por tanto, mantiene que el volumen central *es de color*, pero no que *causa color*. En el caso de la campana no pretende que esté *dotada de sonido*, sino que es la *causa* de que el espacio circundante esté lleno de sonido. En el caso del calor considera que el volumen central *está caliente y causa* que el espacio circundante se llene de calor. El aspecto discontinuo de la visión del sentido común respecto al mundo físico está basado en las peculiaridades del campo visual y en el hecho de que a menudo se producen largos intervalos de movimiento libre entre las sensaciones de tacto. El aspecto continuo de la visión del sentido común respecto al mundo físico está basado en las peculiaridades de los campos de calor irradiado y de sonido. Las sensaciones de calor constituyen, en cierto modo, un vínculo entre los dos aspectos de la Naturaleza, ya que son sentidos tanto *sobre* como *entre* los centros de discontinuidad.

Es evidente que estos dos aspectos de la visión del sentido común corresponden a fenómenos reales de la Naturaleza. Pero puede considerarse, no sin fundamento, que la separación entre ellos es demasiado rigurosa, como generalmente ocurre con todas las separaciones que se hacen ante todo en aras de intereses prácticos. En realidad, la visión del sentido común se basa, principalmente, en experiencias de tacto, vista y movimiento. Los medios penetrantes, como el aire y el éter, sólo fueron admitidos en tiempos históricos. De este modo, el aspecto continuo y transmisible de la Naturaleza ha tenido que ser adaptado a una metafísica prehistórica del mundo externo, establecida fundamentalmente para tratar nuestras experiencias de volúmenes visibles y tangibles de contornos claramente definidos. Las teorías del átomo nos resultan a la mayoría de nosotros mucho más adecuadas que las teorías de hidrodinámica, porque cuadran mucho mejor con el esquema que hemos heredado de los filósofos prácticos de la Edad de Piedra. Aprendemos, según transcurre el tiempo, que la propia luz hace un recorrido a través de un medio a una velocidad determinada,

que los colores que vemos dependen de procesos en volúmenes centrales, lo mismo que los sonidos oídos, y que estos colores pueden aparecer en lugares donde no pueden sentirse *sensa* de tacto correlacionados. Examinaremos todas estas cuestiones más adelante, particularmente cuando abordemos el problema del tiempo y duración. Ahora nos limitaremos a indicar que una gran parte de las dificultades que afrontamos al considerar la Filosofía del mundo externo se deben al hecho de que tratamos de introducir nuevos factores en un esquema basado en experiencias que no los incluyen y que ignora o minimiza los fenómenos sensibles como las imágenes, las sombras, los ecos, etc., los cuales requieren nuevos conceptos para poder ser analizados. Del mismo modo persistimos en introducir a la fuerza los fenómenos de la sociedad moderna en el marco ético y político de una era más simple, sin poder siquiera decir, como excusa, que «da buenos resultados en la práctica».

Hasta aquí nos hemos limitado al caso de un solo observador, sumergido en un medio homogéneo, como el aire, y relacionado con objetos inmóviles. Estas son, naturalmente, condiciones muy comunes y de extrema importancia práctica, por lo que las correspondientes experiencias son comunes y han dejado huellas muy profundas en cada uno de nosotros. He tratado de mostrar que dicho observador alcanzará pronto la noción de «centros de discontinuidad», situados en diversos lugares a los que puede llegar mediante el movimiento, y que estos sucesivos *sensa* visuales figurarán en series que él localizará sobre las superficies de estos volúmenes centrales. Además, hemos visto que los sentidos auditivos y de sensación de calor consolidan esta noción, llevándole a considerar estos centros como comunes a los *sensa* de los diferentes sentidos. De manera particular, el calor y el sonido se combinarán para darle la noción de centros rodeados por «campos físicos». La vista, por razones mencionadas anteriormente, no proporciona a las personas corrientes la noción de campo físico; y cuando el progreso de la ciencia hace necesaria la introducción de aquélla, surgen considerables dificultades para conciliar la omnipresencia y velocidad finita del campo de luz con la exacta localización de colores sobre volúmenes centrales que se hallan lejos del observador. Podemos decir que el color pertenece *físicamente* al aspecto continuo de la Naturaleza, pero que hasta ahora ha pertenecido *epistemológicamente* al aspecto discontinuo de la Naturaleza.

Abordemos ahora el caso de varios observadores para pasar luego a casos más complejos en medios no homogéneos, los cuales «enturbian considerablemente la claridad» de nuestra opinión original sobre la vista y la localización de sus objetos. Incluso en el caso del observador solitario en el medio homogéneo hemos pasado a un nuevo significado de «lugar» para los *sensa* visuales. El primero y más primitivo significado fue el lugar de un solo *sensum* visual en su propio campo visual. De ahí pasamos a un grupo de *sensa* visuales, cada uno de ellos extraído de diferentes campos sensibles del mismo observador. Se dice que los miembros de tal grupo están en el mismo lugar, a través de su correlación recíproca y con los movimientos del observador. El «lu-

gar» a que nos referimos aquí no es, evidentemente, un lugar en cada campo visual, sino un lugar en el *continuum* de posibles posiciones del cuerpo del observador. Y la presencia de un *sensum* visual en tal lugar no es una relación definitiva inanalizable, como lo es su presencia sensible en un lugar de su propio campo visual. Por el contrario, acabamos de analizar el significado del criterio según el cual un *sensum* visual está presente en un lugar determinado del movimiento-*continuum*, y hemos visto que significa que el *sensum* en cuestión es uno de un grupo de *sensa* pertenecientes a sucesivos campos visuales, vinculados entre sí y con los movimientos del observador en la forma indicada anteriormente.

Cuando un grupo de *sensa* visuales de sucesivos campos en un solo observador tienen la clase de relaciones que hemos descrito, decimos que están *ópticamente copresentes respecto a dicho observador*. Puede decirse de cada miembro del grupo que está *ópticamente presente* en el lugar en el *continuum* de posibles posiciones del cuerpo del observador al que llega cuando el carácter del grupo comienza a cambiar precipitadamente. Examinando la cuestión desde el punto de vista de este lugar en el movimiento-*continuum*, podemos decir que está *ópticamente ocupado* por *sensa* de tal y tal clase desde tal y tal dirección. Cuando tenemos varios grupos de este tipo, los cuales convergen todos en un volumen central, de dondequiera que parta el observador, diremos que este lugar está «*ópticamente lleno*» de *sensa* de una clase determinada. Más adelante veremos que un lugar puede estar ópticamente ocupado sin estar ópticamente lleno. Hemos visto que, por regla general, cuando un lugar en el movimiento-*continuum* está ópticamente lleno, en dicho lugar están presentes *sensa* de tacto correlacionados. (Aún no hemos examinado lo que significa la afirmación de que los *sensa* de tacto están presentes en un lugar en el movimiento-*continuum*, pero por ahora daremos por supuesta esta noción. Tampoco hemos examinado detalladamente la noción de lugar en el movimiento-*continuum*. Sobre estos puntos volveremos más adelante.)

En condiciones normales podemos no sólo encontrar grupos de *sensa* ópticamente copresentes en los sucesivos campos visuales de un solo observador, sino que podemos encontrar también algo de la misma clase en los campos de diferentes observadores. Veamos lo que significa que los *sensa* s_A y s_B, respectivamente, están en el mismo lugar. Supondremos que A y B han vuelto la cabeza en tales direcciones que s_A se encuentra en el centro de c_A y s_B en el centro de c_B. Si truecan lugares y repiten el proceso, el nuevo *sensum* de A será, por regla general, parecido en su forma al antiguo de B, y lo mismo a la inversa. Supongamos que cuando ambos vuelven la cabeza, a fin de sentir campos con estos *sensa* correlacionados como sus respectivos centros, empiezan a andar de frente. Supongamos que A sigue andando hasta que siente el *sensum* $s_{A'}$, que es el más claro de la serie. Supongamos que ahora se para y que B empieza a andar de frente. Por regla general, el cuerpo de B se aproximará cada vez más al de A, y cuando B sienta su *sensum* más claro $s_{B''}$, ambos observadores estarán casi tocándose. Si después continúan sus respectivos caminos, chocarán in-

evitablemente el uno con el otro. Si ambos extienden sus brazos, por regla general ambos sentirán *sensa* de tacto correlacionados en forma con sus *sensa* visuales. Así vemos que la noción de un centro común en el movimiento-*continuum*, donde están ópticamente copresentes varios *sensa* visuales, se prolonga para comprender series de *sensa* ópticamente copresentes pertenecientes a los campos de diferentes observadores, así como a los de un solo observador.

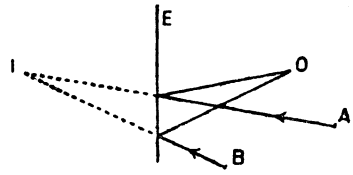
Ahora puede observarse que el lugar del que se dice ocupa un grupo de *sensa* ópticamente copresentes es definido por el movimiento corporal. He llamado «movimiento-*continuum*» al *continuum* de posibles posiciones del cuerpo de un observador. Y creo que «lugar», en el sentido físico, se refiere, en primer término, a lugares en este *continuum*. Antes de abordar los casos más complicados de *sensa* visuales sentidos por un observador que no está rodeado de un medio homogéneo debemos esclarecer la noción de lugar en el movimiento-*continuum*. Las experiencias de volver hasta tal punto la cabeza y luego andar hasta tal punto en línea recta no son de por sí experiencias espaciales. Son simplemente series de sensaciones cinéticas y musculares, cuyas diferentes etapas caen en diferentes presentes latos. Duran tiempos sensiblemente diferentes y nos cansan en grados sensiblemente diferentes. ¿Cómo pueden conducir a la noción de un *continuum* de lugares físicos, los cuales constituyen una propiedad común de todos los observadores y son coexistentes? No podemos responder totalmente a esta pregunta hasta haber abordado el problema de los tiempos y duraciones de los *sensa* y de los objetos físicos; mas sí podemos decir por lo menos lo siguiente: estas series de *sucesivas* sensaciones cinéticas no conducirían a la noción de un *continuum* de lugares *contemporáneos* a no ser por la correlación con las experiencias visuales. Todos los conceptos substanciales necesarios para tratar del Espacio tienen su origen y su única *ejemplificación* literal en el campo visual. Se considera el Espacio como un conjunto de partes contemporáneas, esparcidas a diversas distancias y en diversas direcciones. Si no estoy equivocado, un conjunto de este tipo es sentido en todo momento por la vista, y en ninguna otra forma. Los movimientos de la cabeza son interpretados en términos de dirección, *a)* Porque diferentes *sensa* tienen diferentes direcciones visibles en el mismo campo visual; y *b)* Porque cada movimiento de la cabeza está correlacionado con un cambio en la posición sensible de algún *sensum* dentro del campo visual. Es decir, cuando volvemos la cabeza un campo c_1 con un *sensum* s_1 en un determinado lugar sensible de aquél, puede ser remplazado por un campo c_2 con un *sensum* similar s_2 en un lugar diferente de aquél, por ejemplo, en el centro. Además, se interpreta una serie de sensaciones cinéticas como el cruce de una línea física de determinada longitud por el observador, porque las profundidades sensibles de los *sensa* similares s_1 ..... s_n en el centro de los sucesivos campos c_1 ..... c_n disminuyen continuamente cuanto más dura la serie. Por consiguiente, la vista y el movimiento tienen obligaciones recíprocas. Si no fuera por la vista, con sus prolongados campos de partes contemporáneas con diferentes profundidades sensibles y en diferentes

direcciones sensibles, careceríamos de los conceptos que precisamente necesitamos para interpretar espacialmente el movimiento-*continuum*. Por otra parte, si no fuera por la existencia de grupos de *sensa* visuales correlacionados recíprocamente y con los movimientos, en la forma descrita, jamás hubiéramos llegado a la noción de copresencia óptica, en el mismo lugar, de *sensa* visuales de diferentes grupos.

Pero, a pesar de que los hechos sobre los *sensa* visuales que conducen al reconocimiento de «centros» donde están ópticamente copresentes grupos de *sensa* visuales sean necesarios para interpretar espacialmente el movimiento-*continuum*, no debemos suponer que todos los lugares en el movimiento-*continuum* están ópticamente llenos ni incluso ópticamente ocupados. La inmensa mayoría de ellos no lo están. Además, algunos de los que están ópticamente ocupados desde varias direcciones no son, sin embargo, centros donde estén presentes *sensa* de tacto correlacionados. Ilustraré el primer punto. Si dirijo mis movimientos de acuerdo con una serie determinada de *sensa* ópticamente copresentes en la forma anteriormente descrita, pero me detengo antes de llegar al final de la serie, he llegado a un lugar en el movimiento-*continuum*. Pero no he llegado al lugar donde están ópticamente copresentes los *sensa* de esta serie, y si alargo los brazos no siento nada en absoluto. Y el lugar en el movimiento-*continuum* donde me he detenido puede muy bien no estar ocupado por *ningún sensum* visual de serie alguna. ¿Qué decimos en tales circunstancias? Decimos que, en realidad, hemos llegado a un lugar físico, puesto que hemos andado hasta tal punto y en tal y tal dirección. Pero añadimos que este lugar no está ni óptica ni tangiblemente ocupado. Si *ningún* lugar hubiera sido ocupado óptica o tangiblemente, lo más probable es que no habríamos interpretado espacialmente el movimiento-*continuum* ni llegado a nada que se parezca a nuestro actual concepto del mundo eterno. Así una minoría de lugares en el movimiento-*continuum* están ocupados ópticamente; otros muchos están ópticamente llenos y la mayoría de éstos son también centros de sonido y calor, y también están ocupados tangiblemente. Este hecho nos proporciona el contraste entre las partes llenas y vacías del movimiento-*continuum*, y nos ayuda a concebirlo como un Espacio donde hay esparcidos objetos físicos situados en lugares determinados y con límites precisos.

Ahora estamos en condiciones de abordar las formas menos corrientes de presencia óptica. Estas se producen cuando, como diría el físico, nos rodea un medio no homogéneo. Sin embargo, nuestro actual objetivo consiste en describir con la mayor exactitud posible los hechos reales sobre nuestros *sensa* visuales y no ofrecer una explicación causal de los mismos en términos de sus correlaciones con los procesos físicos. Para comenzar por un caso muy simple supongamos que estoy mirando en un espejo plano a la imagen de un punto luminoso. Puedo, como antes, volver la cabeza de tal modo que sienta un campo visual c_1 con un *sensum* s_1 en el centro de aquél, similar al *sensum* s_0 que originalmente atrajo mi atención. Después puedo, como antes, andar de frente. Hasta un punto determinado, mis experiencias serían exactamente iguales a las descritas anteriormente. Me encontraré con la misma clase

de serie de *sensa* s_1 ..... s_n, cualitativamente muy parecidos, cada uno en el centro de su campo, con una profundidad sensible que disminuye gradualmente, etc. Pero en una determinada etapa de la serie sentiré repentinamente determinados *sensa* de tacto, sin correlación alguna con los *sensa* visuales de la serie (es decir, «chocaré con el espejo»). Esto lo ilustra el siguiente diagrama:



Si yo, o cualquier otra persona, partiera de B en lugar de A obtendría la misma clase de experiencias. Mas esto no es todo. A y B podrían ambos tener experiencias de este tipo si ambos miraran directamente a alguna fuente de luz a través de un fino cristal transparente. La diferencia es la siguiente: en el primer caso, si A o B atraviesan o se colocan detrás del espejo y tratan de continuar su camino, no habrá cosa alguna en su campo visual que corresponda a los *sensa* visuales que les condujeron hasta el espejo. (Es decir, sus experiencias visuales, a medida que se mueven a lo largo de la parte con puntos de la línea AI o BI, son completamente diferentes de las que tuvieron al cruzar las partes sin puntos de dichas líneas.) Si hubiera simplemente un fino cristal transparente en E, y A y B miraran a través de él a la fuente de luz en I, la serie de *sensa* visuales continuaría progresivamente después de haber atravesado o haberse colocado detrás del obstáculo.

Lo que también debemos observar es que el recorrido de A, B, C, etcétera, que comienza en el mismo lado del espejo, en realidad converge en un lugar común en el movimiento-*continuum*. Si lo continuaran a través del espejo o del cristal, en realidad se encontrarían en I. La diferencia en ambos casos sería la siguiente: si miraran a algo directamente a través de un fino cristal, la serie de *sensa* visuales de cada uno terminaría aproximadamente cuando sus cuerpos llegaran a tocarse y cada uno pudiera sentir los *sensa* de tacto correlacionados al estirar los brazos. Si están mirando a una imagen en un espejo la serie de *sensa* visuales que los conduce hasta el espejo no sólo cesa repentinamente en cuanto lo atraviesan o lo pasan; también observan que, al encontrarse, o bien no sienten *sensa* de tacto o si sienten alguno éstos no mantienen correlación alguna con los *sensa* visuales que originalmente les condujeron a sus respectivos recorridos. Si su deseo es sentir *sensa* de tacto correlacionados, tendrán que trasladarse a un lugar completamente diferente en el movimiento-*continuum*, es decir, a un lugar que no se encuentra en absoluto en su curso de movimiento, o sea, el lugar O en el diagrama. Ahora bien, este lugar O que se encuentra en el lado de A y de B del espejo es también un lugar en el que los *sensa* visuales, muy parecidos a los que condujeron a A y B

hacia el espejo, son ópticamente copresentes. Pero, como hemos señalado, se encuentra en una dirección completamente diferente a las seguidas por A y B y las personas que llegaran hasta *él* sentirían *sensa* de tacto correlacionados con los *sensa* visuales que hicieron *apartarse* de él a A y B para dirigirse hacia I.

Queda por señalar otro punto sobre I al ser comparado con O. No sólo no hay en I *sensa* de tacto correlacionados con los *sensa* visuales que conducen a los observadores del otro lado del espejo en su camino hacia I; existe también respecto a I una peculiaridad puramente óptica. El lugar O está ópticamente *lleno* de *sensa* visuales de la clase en cuestión. Es decir, que cualquier observador, cualquiera que sea la dirección en que se aproxime a O, tarde o temprano empezará a sentir una serie de *sensa* visuales de esta clase, los cuales están ópticamente copresentes en O, lo que dista mucho de ser cierto respecto a I. I no es un centro ocupado por *sensa* visuales de la clase en cuestión para *todos* los observadores ni incluso para las últimas partes del recorrido de *cualquier* observador. Las personas que se encuentran detrás del espejo y que miran directamente al lugar I, o bien allí no ven nada o sienten *sensa* que no tienen parecido alguno con los que A y B sienten durante las primeras etapas de sus respectivos recorridos. Además, durante las últimas etapas de sus recorridos, A y B no sienten tales *sensa* como los que sintieron cuando se encontraban en el lado reflectante del espejo. Así, pues, debemos afirmar que I está *ocupado* por la clase de *sensa* que constituyen la imagen en el espejo desde determinados lugares, pero en modo alguno desde todos, y que puede estar *lleno* de *sensa* visuales de una clase totalmente diferente. Por otra parte, O no está simplemente ocupado, sino lleno de tales *sensa* visuales como los que constituyen la imagen en el espejo. (Por el momento olvidaré la inversión de la imagen, lo cual origina una diferencia característica entre los *sensa* que llena O y los *sensa* similares que ocupan ópticamente I, desde lugares situados en el lado reflexivo del espejo.)

Podemos resumir las peculiaridades de las imágenes en el espejo respecto al lugar del modo siguiente: 1) Desaparece la acostumbrada correlación entre *sensa* visuales y de tacto. Generalmente, cuando los *sensa* visuales están ópticamente copresentes en un lugar determinado, un observador que ande hasta dicho lugar puede sentir *sensa* de tacto correlacionados. No obstante, si deseamos sentir *sensa* de tacto correlacionados con los *sensa* visuales que constituyen una imagen en el espejo, debemos trasladarnos a un lugar completamente diferente de aquel en que se hallan ópticamente copresentes estos *sensa* visuales. Esto, naturalmente, resulta muy complicado porque no es corriente, mas no comporta dificultad teórica alguna el hecho de que dos clases de *sensa*, que generalmente están copresentes, puedan a veces no estarlo. Las personas con las que generalmente nos encontramos están copresentes con sus pantalones, mas esta norma puede fallar en las piscinas. 2) Los lugares ópticos de las imágenes en los espejos nunca están ópticamente *llenos* de los *sensa* que constituyen la imagen, sino que están sólo ocupados por tales *sensa* desde determinadas direcciones

y desde lugares más alejados en estas direcciones. Por otra parte, pueden estar al mismo tiempo ópticamente llenos de *sensa* visuales que no se parecen en absoluto a la imagen del espejo, pero que *están* correlacionados con *sensa* de tacto que pueden ser sentidos por personas que andan hacia estos lugares.

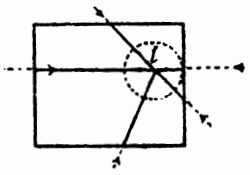
Mas puede preguntarse: ¿Qué es exactamente lo que nos indican las leyes de óptica geométrica sobre las imágenes en el espejo? La respuesta es muy sencilla. Nos indican dónde deben situarse las fuentes y qué formas tangibles necesitan tener éstas para que un observador que se encuentra en una posición dada pueda continuar sintiendo el mismo *sensum* visual cuando el medio heterogéneo, del que en realidad está rodeado, es remplazado por aire. Si utilizamos la terminología de la Teoría General de la Relatividad podemos decir que la introducción de fuentes adecuadas en lugares adecuados en un medio homogéneo siempre «transforma continuamente» (es decir, es equivalente a) los efectos de cualquier medio heterogéneo respecto a *un sensum* visual cualquiera de *un* cualquier observador en *una* posición cualquiera. En casos favorables, la transformación puede corresponder a muchos *sensa* de muchos observadores en muchas posiciones. Pero ninguna colocación de fuentes en un medio homogéneo equivaldrá a los efectos de un medio heterogéneo respecto a *todos* los observadores en *todas* las posiciones. Por ejemplo, si quitamos el espejo y colocamos un punto luminoso del color correspondiente en I, los *sensa* visuales de A y de B no sufrirán cambio alguno; pero se introducirán *sensa* muy diferentes en los campos de los observadores que se encuentran detrás del espejo. Las leyes de la óptica geométrica constituyen, pues, simplemente, las reglas según las cuales podemos averiguar las formas de tacto y las posiciones de tales fuentes hipotéticas que transformarían continuamente los efectos de un medio heterogéneo respecto a un *sensum* dado de un observador dado en un lugar dado en el movimiento-*continuum*.

c) La Relación de Ocupación Optica

Creo que estamos en condiciones de dar un paso adelante en nuestro análisis de los lugares ópticos de los *sensa* visuales. Hemos observado que pueden surgir tres tipos de casos, desde el caso completamente normal, pasando por el ligeramente anormal, hasta llegar al totalmente anormal.

1) Existe el caso en que se ven cosas mediante visión directa en un medio homogéneo. En tal caso, todos los observadores en todas las direcciones (siempre que no estén demasiado lejos) pueden sentir *sensa* muy parecidos, y pueden traerlos al centro de sus respectivos campos visuales; y los caminos de todos estos observadores convergen en un lugar común en el movimiento-*continuum*, donde están ópticamente copresentes todos los *sensa* de todas estas series. Se añade la condición de que no deben estar demasiado lejos a fin de permitir la posible interposición de obstáculos opacos entre el lugar donde se encuentra el observador y el centro de copresencia óptica. Si en

una habitación hay un punto luminoso, es cierto que la habitación donde aquél se halla está ópticamente ocupada por *sensa* de una calidad similar desde todas las *direcciones;* sin embargo, no es cierto que está ocupada por tales *sensa desde todos los lugares* en cualquiera de estas direcciones. Así no está ocupada desde lugares que se encuentran fuera de la habitación. Lo que podemos decir es que existe alguna distancia finita *r* tal, que el lugar en cuestión está ópticamente ocupado por tales *sensa* desde todos los lugares dentro de los límites de una esfera con un radio *r*, cuyo centro está constituido por dicho lugar. El diagrama ilustra esta restricción. Las partes de las líneas compuestas de puntos son las posiciones desde donde L no está ópticamente ocupado por los *sensa* de la clase de los que está ópticamente lleno.

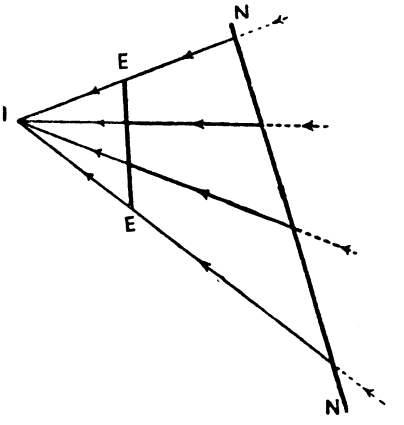


2) En el caso de ver una imagen en el espejo, existe un lugar determinado detrás del espejo que: *a)* Está ocupado por *sensa* visuales similares desde *muchas*, pero no desde *todas* las direcciones que convergen en el punto. *b)* Sólo está ocupado por *sensa* visuales de esta clase desde determinados lugares en cualquiera de estas direcciones, y ninguna serie de tales lugares se prolonga hasta el lugar donde se dice que está la imagen. Por el contrario, estas series siempre terminan repentinamente a una distancia finita del lugar. *c)* El lugar de la imagen en el espejo puede ser también, si bien no necesariamente, un lugar de completa copresencia óptica desde todas las direcciones. Mas, en este caso, los *sensa* con los que está ópticamente ocupado serán completamente diferentes a aquellos que lo ocupan ópticamente desde lugares en el lado reflexivo del espejo. En el siguiente diagrama, E es un espejo, N un obstáculo opaco e I el lugar de una imagen en el espejo. La línea más gruesa representa los lugares desde donde I está ópticamente ocupado por *sensa* de la clase que lo llenan ópticamente. Las líneas de puntos representan lugares desde donde no está ocupado por ninguna de estas clases de *sensa.*

3) Finalmente, con espejos deformes u otras clases de medios más heterogéneos, cualquier observador puede notar que debe volver continuamente la cabeza a medida que avanza, si desea sentir una serie de campos visuales que tengan *sensa* similares en sus respectivos centros. En tales casos, los observadores también notarán, por regla general, que sus *sensa* son alterados con movimiento sensible a medida que vuelven la cabeza.

Así, pues, nos encontramos con una serie de casos que van desde la más completa sencillez hasta la más extrema complejidad de 3). Mas aquí el orden psicológico y lógico es recíprocamente opuesto. Psicológicamente, nuestro concepto del Espacio y de los lugares y las cosas en él está basado en 1), es decir, en los casos más comunes y más importantes para la práctica. Si éstos hubieran sido menos comunes y menos importantes para la práctica es muy dudoso que hubiésemos llegado a nuestra actual opinión sobre el mundo externo. Pero, desde el punto de vista lógico, son los casos más complejos del tipo de 3)

los que tienen una fundamental importancia. Está claro que los casos normales sólo pueden producirse cuando existen determinadas condiciones simplificadoras especiales, o sea, aquellas que resumimos diciendo que el medio es homogéneo. Estas condiciones especiales ocultan la verdadera complejidad de las relaciones comprendidas, mientras que los casos más complicados exponen estas relaciones en su



forma más general. Es de suponer que si consideramos los casos más complicados como fundamentales, podemos considerar los casos normales como momentos especialmente simplificados de una relación más general; por ejemplo, un círculo puede considerarse como un caso especialmente simplificado de una elipse. Mas no es tan probable que si consideramos como fundamentales las relaciones comprendidas en los casos normales podamos interpretar los casos anormales en términos de aquéllas. Y, como filósofos críticos, nuestra obligación consiste en tratar de abordar *todos* los fenómenos y no ocultar la existencia de *sensa* anormales como si fueran los pecadillos de un ministro.

Ahora podemos decir algo sobre las características lógicas que comporta la relación de *ocupación óptica*. 1) Es una relación entre un *sensum* visual, por una parte, y un lugar en el movimiento-*continuum*, por otra. 2) Es una relación múltiple-única. Esto significa que un *sensum* dado *s* sólo puede ocupar ópticamente un lugar en el movimiento-*continuum*, pero que un lugar en el movimiento-*continuum* puede estar ópticamente ocupado por muchos *sensa* al mismo tiempo. 3) Creo que también debemos sostener que la relación de ocupación óptica es irreductiblemente triada. Esto significa que cualquier criterio completo afirmando la existencia de esta relación debe entrañar *tres* términos, o sea, el *sensum*, el lugar que éste ocupa ópticamente y un tercer término. La razón por la que digo esto es la siguiente: el criterio de que *l* está ópticamente ocupado por un *sensum s* me parece incompleto; el criterio completo sería que *l* está ocupado ópticamente por *s* desde *q*, siendo *q* el lugar en el movimiento-*continuum* ocupado por el cuerpo del observador. Nos damos cuenta más claramente de ello si formulamos de manera exacta lo que queremos decir al afirmar

que *s* ocupa ópticamente *l; s* es un *sensum* que está sensiblemente presente en un determinado campo visual del observador en dicho momento. En realidad, este observador está en un lugar determinado *q*. Con objeto de definir la dirección de *l*, lugar que está ópticamente ocupado por *s*, tenemos que suponer que el observador se vuelve hasta sentir un campo visual con un *sensum s'* en el centro, parecido al *sensum s*. Así, pues, la dirección de *l* será la dirección en que el observador empezaría a andar si lo hiciera de frente. La distancia de *l* está determinada por la profundidad sensible de *s'* en el campo visual del observador. Es la distancia que *tendría* que andar hasta llegar a la fuente *si* en realidad el medio fuera homogéneo y *s'* se debiera a la transmisión directa de la luz desde esta fuente hasta el ojo del observador. Por tanto, no puede comprenderse totalmente el significado del criterio según el cual *s* está ópticamente presente en *l* sin hacer referencia a un lugar *q* ocupado por el observador en cuyo campo visual está sensiblemente presente *s*. En tal caso, la relación de ocupación óptica es triada, y el criterio completo en forma mínima es que *s* ocupa *l* desde *q*.

Naturalmente, si el observador tuviera que andar hasta un lugar *l* así determinado, no encontraría, en muchos casos, centro de discontinuidad alguno en dicho lugar que pudiera ser considerado como la fuente de su *sensum* original *s*. Y, en muchos casos, no encontraría una serie de *sensa* como *s* sensiblemente presentes en el centro de sus sucesivos campos visuales, a medida que avanzara sobre la línea desde *q* a *l*. Esto, sin embargo, no demuestra que nuestra definición de ocupación óptica sea errónea. Muestra sencillamente que el hecho de que un *sensum s* ocupe *l ópticamente* desde *q*, no garantiza que *l* esté físicamente ocupado por algo estrechamente relacionado con *s*. Mas a esta conclusión ya hemos llegado a través de nuestras experiencias con espejos y otros tipos de medio no homogéneo.

No deben asustarnos las relaciones triadas, pues en la vida cotidiana hay infinidad de ejemplos de las mismas. La relación de *dar* es uno de ellos, ya que entraña substancialmente un donador, una donación y un recibidor. El mismo criterio inteligible que aserta la relación de *dar* tiene la forma «*x* da *y* a *z*». Es cierto que a veces utilizamos oraciones aparentemente más sencillas, como, por ejemplo, «Smith da al Fondo Suplementario para Curas»; mas éstas son, evidentemente, elípticas y, al ser formuladas más exactamente adoptan la forma «Smith da *algo* al Fondo Suplementario para Curas». Naturalmente, el que *x*, *y* y *z* estén en relación triada *entraña* determinadas relaciones diadas entre ellas, por pares; mas el aserto de la relación triada no es analizable en el aserto asociado de estas relaciones diadas. Estas últimas se derivan de la primera y la primera no surge de las últimas. Comparemos la relación de «tío» con la relación de «dar». Ambos casos entrañan tres términos, ya que decir que *x* es tío de *z* significa que *x* es hermano de alguna tercera persona y que, a su vez, es la madre o el padre de *z*. Esto no hace de tío una relación triada, pues es totalmente analizable en el aserto asociado de estas dos relaciones diadas, las cuales no son simplemente derivadas de aquéllas.

Todo esto puede llevarnos a olvidar el hecho de que una relación es poliada y a considerarla como diada. Ello ocurre cuando estamos interesados principalmente en dos de los términos y los demás carecen de interés o son generalmente constantes. Cuando esta condición no se verifica corremos el riesgo de encontrar aparentes contradicciones que únicamente pueden evitarse reconociendo que la relación es poliada. Cuando decimos que A se encuentra a la derecha de B, ignoramos a menudo el hecho de que, en realidad, afirmamos una relación triada entre A, B y nuestras propias manos. Eventualmente encontramos a alguien tan cuerdo como nosotros que insiste en que A se encuentra a la izquierda de B, lo que resulta una contradicción hasta que tenemos en cuenta el tercer término olvidado, diferente en los dos casos, pudiendo comprobar que ambas partes tenían razón al quedar aclarados sus significados completos.

Si aceptamos la opinión de que la relación de ocupación óptica entre *sensa* visuales y lugares en el movimiento-*continuum* es triada, no reviste dificultad alguna comprender que un lugar puede estar simultáneamente ópticamente lleno de *sensa* de una clase determinada y ópticamente ocupado desde muchos lugares por *sensa* de una clase completamente diferente, los cuales no tienen relación con el relleno físico de este lugar. L está ópticamente lleno de *sensa* de la clase *c*, siempre y cuando exista una superficie cerrada en el movimiento-*continuum* que contenga a L y que L esté ópticamente ocupado por *sensa* de la clase *c* desde todos los lugares entre la parte que está fuera de L y el interior de esta superficie. Esto es absolutamente compatible con el hecho de que existen otros lugares en el movimiento-*continuum* desde los cuales L no está ocupado en absoluto por *sensa*. También es completamente compatible con el hecho de que L esté ópticamente ocupado desde muchos otros lugares por *sensa* de una clase diferente *c'*. Esto es lo que ocurre en el caso de las imágenes en el espejo. Con un espejo plano la situación es la siguiente: hay una serie de lugares desde cada uno de los cuales está ópticamente presente en L un *sensum* de la clase *c'*. Estos lugares se encuentran en líneas de aproximación que convergen en L. Pero: *a)* Todas las líneas en que dichos lugares están situados están apartados dentro de un determinado ángulo sólido, con L como vértice; y *b)* Incluso respecto a las líneas que se encuentran en esta región, la serie de lugares desde donde están ópticamente presentes en L *sensa* de la clase *c'* no llegan a L, sino que se paran bruscamente a una distancia finita de aquél.

Quizá puedan ahora plantearse las siguientes preguntas: «¿Es suficiente suponer que la relación entre un *sensum* visual y un lugar que ocupa en el movimiento-*continuum* es triada?». «¿No debemos, por ejemplo, en el caso de las imágenes en el espejo, introducir las posiciones de la fuente y del espejo, así como la del observador, haciendo de este modo la relación por lo menos pentiada?». Esto es plausible, mas considero que estriba en una confusión. Es indudable que si deseamos *predecir* en qué lugar estará ópticamente presente un *sensum* de una clase determinada desde el lugar de un observador de-

terminado necesitamos conocer las posiciones de la fuente y del espejo. Pero éstas no están comprendidas en el *significado* del criterio según el cual tal y tal *sensum* está ópticamente presente en tal y tal lugar. Ya hemos visto que una referencia al lugar del observador *es* una parte indispensable del significado de este criterio. Pero el papel que juegan la fuente y el espejo es meramente *causal* y no *esencial*. Esto se desprende claramente del hecho de que hemos podido formular una definición satisfactoria de la ocupación óptica sin mencionar las posiciones de la fuente y del espejo. La forma en que éstos adquieren importancia es la siguiente: las posiciones de la fuente y del espejo determinan causalmente, de acuerdo con las leyes físicas de la luz, el lugar sensible del *sensum* s en el campo visual de o. Y el lugar l en el movimiento-*continuum*, que está ópticamente ocupado por s desde donde se encuentra el observador, depende (por definición) del lugar sensible de s en el campo visual de o. Mas una cosa es decir que las posiciones de la fuente y del espejo son factores que *causalmente determinan* la naturaleza del *sensum* que ocupa ópticamente un lugar determinado l desde otro lugar q, y otra cosa es decir que las posiciones de la fuente y del espejo deben establecerse antes de que la proposición según la cual s ocupa ópticamente l desde q pueda ser *comprendida*. Si esto último fuera cierto, la relación entre un *sensum* y su lugar óptico sería, por lo menos, pentiada, ya que el mínimo criterio inteligible sobre la ocupación óptica tendría la forma «s ocupa ópticamente l desde q respecto al medio m y la fuente δ». Mas esto no parece cierto y, por tanto, no veo razón alguna por la que deba sostenerse que la relación de ocupación óptica es más que triada.

d) Lugar físico

Habiendo examinado el confuso pero esclarecedor caso de la ocupación óptica anormal, podemos considerar ahora los lugares de objetos físicos. Antes de que la noción de lugar físico pueda ser examinada con provecho, debemos aclarar aún más lo que significa el concepto de objeto físico, ya que el lugar físico es el tipo de lugar que puede ser ocupado por un objeto físico. Hasta el presente, sólo hemos comparado objetos físicos con los *sensa* que constituyen las apariencias de aquéllos. Pero puede darse el caso de que el «objeto físico», en este sentido, constituya un término algo vago que comprende diversos tipos de entidad. Debemos incluso estar preparados ante la posibilidad de que lo que el sentido común llama un objeto físico sea, en realidad, una serie de objetos correlacionados de tipos substancialmente diferentes.

Que esto es así resulta fácil de comprender, si comparamos las cuatro entidades siguientes: una apariencia visual particular de un determinado penique; una imagen de un penique en un espejo plano; lo que el sentido común entiende por penique; y los átomos, electrones, etc., que la ciencia considera como los componentes físicos esenciales del penique. Nadie se atrevería a llamar a lo primero objeto físico. Lo segundo no podría ser llamado un objeto físico, pero

no deja de ser algo más que un simple *sensum*. Puede «ser visto» por diversos observadores desde diferentes lugares exactamente en el mismo sentido en que puede ser visto el propio penique. Y tiene una determinada duración e independencia. En realidad, es un grupo de *sensa* visuales estrechamente correlacionados, y un lugar determinado en el movimiento-*continuum* está ópticamente ocupado por miembros de este grupo desde muchos lugares, aunque no está lleno de ellos. Nos negamos a llamarlo objeto físico por la falta de completo relleno óptico y por la ausencia de *sensa* de tacto correlacionados cuando llegamos al lugar que está ópticamente ocupado por *sensa* de dicho grupo. A la imagen en el espejo la llamaré *Objeto Optico Parcial:* óptico, porque consiste totalmente en *sensa* visuales; parcial, porque no llena ópticamente el lugar que ópticamente ocupa.

Ahora bien, el sentido común entiende por objeto físico, como el penique, algo más que esto, por lo menos en dos formas. 1) Comprende un *Objeto Optico Compleo*, ya que el lugar donde, según se dice, se halla el penique está ópticamente *lleno* de *sensa* marrones, elípticos y redondos, correlacionados. 2) Entraña algo más que no es en absoluto óptico. El lugar en el movimiento-*continuum* que consideramos lleno del objeto óptico completo se resiste a menudo a nuestros esfuerzos de trasladarnos a él. A menudo es centro de *sensa* sonoros y de calor irradiado. Y, por regla general, cuando llegamos a este lugar sentimos *sensa* de tacto con una forma característica y con una temperatura u otra. Sólo en casos muy excepcionales puede existir la condición 1) sin la condición 2); si bien podemos decir que la condición 2) es evanescente en el caso de nubes y ráfagas de vapor de color. Así, pues, llamemos al penique, según lo entiende el sentido común, *objeto perceptivo*. Lo importante ahora consiste en observar que un objeto perceptivo no es, en realidad, un solo objeto homogéneo, presente en un lugar en el movimiento-*continuum*, en un solo sentido de presencia, sino varios objetos de diferentes tipos relacionados entre sí, y las diferentes clases de objeto que entraña están presentes en diferentes sentidos en el lugar donde, según se dice, se halla el objeto perceptivo. A los diversos objetos correlacionados que juntos constituyen un objeto perceptivo los llamaré *componentes* del objeto perceptivo. Sería erróneo llamarles *partes* de él, pues esto significaría que encajan literalmente juntos para llenar el lugar donde, según se dice, se halla el objeto perceptivo. Esto no podría ser cierto porque son radicalmente diferentes y su presencia en este lugar es también radicalmente diferente. Tomemos, por ejemplo, el objeto perceptivo que el sentido común considera ser un penique. Uno de los componentes de éste es un objeto óptico completo, que consiste en unos *sensa* visuales. Cada uno de éstos sólo está literalmente presente en un lugar de su propio campo visual. El objeto óptico sólo está presente en el lugar del movimiento-*continuum* en el sentido de que este lugar está ópticamente lleno de los *sensa* visuales que juntos forman el objeto óptico completo. Otro de los componentes del penique perceptivo es un grupo de *sensa* de tacto. Cada uno de éstos sólo está literalmente presente en su propio campo sensible de tacto. Todo el

grupo en su conjunto está presente en el lugar donde se dice que está el penique, en un sentido pickwickiano que aún no hemos definido, pero que, dada la naturaleza del caso, no puede identificarse ni con la presencia sensible ni con la presencia óptica. Y puesto que el objeto perceptivo no es una cosa homogénea, sino un complejo de objetos componentes correlacionados de varios tipos, la ciencia se ve obligada a pasar más allá de los objetos perceptivos del sentido común. Esto no significa, como podría creerse, que estos últimos son «irreales». Quiere decir simplemente que son unidades inadecuadas para los fines científicos, si bien son unidades muy convenientes para los objetivos de la vida cotidiana. Esto nos lleva al último significado de «objeto físico», o sea, a lo que Whitehead llama *Objetos Científicos*. (Aunque utilice esta expresión de Whitehead, y tenga el propósito de *aplicarla a* las mismas cosas poco más o menos que él, ello no quiere decir que Whitehead estaría de acuerdo con la exposición que voy a hacer respecto al *concepto* de tales objetos.)

La ciencia nos dice que un penique «consiste en» muchísimas partículas incoloras que se mueven a grandes velocidades en formas características. Por esto entienden, tanto la ciencia como el sentido común, que las partículas incoloras son partes del penique marrón perceptible en el mismo sentido literal en que una apariencia visual de la efigie del rey es una parte de la apariencia visual del penique. Mas resulta muy difícil aceptar esta interpretación, incluso sobre la base de una ingenua opinión realista acerca de los peniques y nuestra percepción visual de los mismos. No resulta fácil creer que la continua superficie marrón del penique que, según dicha opinión, sentimos, pueda estar literalmente compuesta de partículas incoloras. De cualquier modo, esta interpretación tan simple del criterio científico pierde todo valor cuando recordamos que el penique perceptivo no es un objeto homogéneo, sino un complejo de objetos componentes de diferentes tipos vinculados entre sí, y que todos ocupan un lugar en el movimiento-*continuum*, en diferentes sentidos pickwickianos. Está claro que nada podría ser una parte de *todos* los componentes de un objeto perceptivo en ninguno de los sentidos de la palabra «parte», tanto literal como pickwickiano. Si fuera literalmente parte de *uno* de los componentes, sólo podría ser una parte de los otros en tantos sentidos pickwickianos diferentes como existen tipos diferentes de componente. Además, algunos, por lo menos, de los componentes son de tal tipo que nada podría ser *literalmente* una parte de ellos. Por ejemplo, uno de los componentes de un objeto perceptivo es un objeto óptico completo. Nada podría considerarse como una parte literal de éste, excepto una de las apariencias visuales del objeto perceptivo. Mas incluso éstas no son literalmente *partes* del objeto óptico completo. Una apariencia visual de un penique sólo es una «parte» del objeto óptico completo en el sentido de que este último es un grupo de *sensa* ópticos copresentes, del cual la aparición es un *miembro*. Pero los diversos miembros no cuadran juntos para formar una superficie y, por tanto, no son *literalmente* partes del objeto óptico completo.

Ahora podemos volver al criterio de que unos objetos perceptivos,

como los peniques, están «compuestos de» objetos científicos, como los electrones. De acuerdo con lo que acabamos de decir, esto significa simplemente que los objetos científicos son literalmente partes de *uno* de los componentes de un objeto perceptivo. Además, está claro que no son literalmente partes ni incluso miembros del componente *óptico* del objeto perceptivo. Y, por esta razón, no cabe objeción alguna al criterio de que un penique marrón está compuesto de electrones incoloros. El color marrón pertenece al componente óptico; y los electrones no son literalmente partes de aquél, sino que, a lo sumo, pueden ser partes de algún otro componente del objeto perceptivo.

Así, pues, por objeto científico queremos decir algo que ocupa *literalmente* un lugar en el movimiento-*continuum*, es decir, que lo ocupa en la misma forma indefinida en que un *sensum* ocupa su lugar sensible en su propio campo. Si esto es cierto, la relación entre el lugar del objeto perceptivo y los objetos científicos que lo integran puede formularse del modo siguiente: el objeto perceptivo señala una determinada región en el movimiento-*continuum* por la presencia en esta región de sus diversos componentes. Estos componentes están todos presentes en este lugar en formas diferentes, siendo todos ellos definibles y pickwickianos. Hemos tratado de definir la forma en que está presente el componente óptico, porque éste constituye el caso más difícil e importante. La ciencia considera que las regiones en el movimiento-*continuum*, así señaladas, están literalmente ocupadas por determinados objetos que presentan un importante valor causal en la naturaleza de los *sensa* que ocupan tales regiones en sus diversas formas pickwickianas. Estos supuestos objetos, definidos como los ocupantes *literales* de los lugares en el movimiento-*continuum*, son los que queremos llamar objetos físicos. Y un objeto perceptivo está compuesto de determinados objetos físicos en el sentido de que éstos ocupan *literalmente* aquella región del movimiento-*continuum* que los componentes del objeto perceptivo ocupan *en sentidos pickwickianos.*

e) Resumen de las Conclusiones sobre Lugar

Sólo existe un sentido literal de la expresión «estar en un lugar». Este no es definible, pero está claramente ejemplificado en nuestra experiencia sensible, en el caso de la presencia de un *sensum* visual en un lugar sensible determinado en su propio campo visual. El concepto «estar en un lugar» se basa en nuestro conocimiento sensible de casos como éste. Por consiguiente, puede aplicarse en pensamiento a tipos de objeto y de *continuum* que no podemos sentir como conjuntos simultáneos. Además, sólo abordamos una clase de lugar cuando pasamos de los *sensa* individuales y sus campos a los objetos físicos en el sentido más amplio del término. Este es un lugar en el *continuum* de las posibles posiciones de nuestros cuerpos a medida que nos movemos. Este *continuum* no es sentido como un conjunto simultáneo, pero nuestras sucesivas experiencias de movimiento están sintetizadas en el concepto de un conjunto espacial, a través de su ana-

logía con los campos visuales que podemos sentir simultáneamente. Ahora bien, aunque sólo tenga un sentido literal la expresión «estar en un lugar», y aunque por «lugar» queramos decir siempre «lugar en el movimiento-*continuum*, espacialmente concebido», cuando abandonamos el campo sensible indivisual, existen, no obstante, muchos sentidos derivativos, definibles y pickwickianos de «estar en un lugar». Siempre que nos referimos a un *sensum* que ocupa un lugar en el movimiento-*continuum*, utilizamos términos en un sentido pickwickiano, viéndonos obligados a definirlos. Y respecto a diferentes clases de *sensa* tendrán que ser definidas diferentes clases pickwickianas de ocupación.

Ahora bien, existen determinadas correlaciones entre los *sensa* de sucesivos campos sentidos por el mismo observador, entre *sensa* contemporáneos de distintos observadores y entre *sensa* de diferentes clases, las cuales se producen constantemente en la vida cotidiana y hacen posibles y útiles estas definiciones. Mas, siempre tendemos a pasar por alto los casos en que estas correlaciones desaparecen totalmente o en parte, produciendo así una simplificación ilusoria. Este error puede evitarse al considerar fenómenos tales como las imágenes en el espejo. Hemos visto que los objetos perceptivos de la vida cotidiana no son homogéneos, sino que están, en realidad, compuestos de una serie de objetos componentes correlacionados, los cuales ocupan todos, en diversos sentidos piskwickianos, la misma región en el movimiento-*continuum*. Una imagen en el espejo tiene un gran parecido con el objeto óptico completo que constituye uno de los componentes de un objeto perceptivo corriente. Se diferencia de un objeto perceptivo en tres aspectos: 1) No es un objeto óptico completo, sino un objeto parcial; 2) El lugar que ocupa ópticamente no está también ocupado por objetos de tacto correlacionados y de otro tipo; 3) Existen sólidas razones para pensar que el lugar de un objeto perceptivo está literalmente ocupado por determinados objetos científicos que están íntima y casualmente relacionados con los *sensa* que ocupan este lugar en formas pickwickianas. En el caso de una imagen en el espejo, el lugar que está ópticamente ocupado por los *sensa* que forman la imagen puede o no estar literalmente ocupado por objetos científicos. Pero, en ambos casos, la naturaleza de los *sensa no* está causalmente determinada por los objetos científicos que ocupan *este* lugar, sino causalmente determinada por los objetos científicos que ocupan *otros* lugares determinados, o sea, los lugares donde la fuente y el espejo están perceptiblemente presentes. Por último, del mismo modo que el lugar en el movimiento-*continuum* puede estar ocupado ópticamente sin contener ningún objeto científico de importancia, puede haber muchos lugares en el movimiento-*continuum* que contengan importantes objetos científicos sin estar óptica o tangiblemente ocupados. De no haber existido objetos perceptivos, o si los importantes objetos científicos no hubieran, por regla general, ocupado la región marcada por nosotros mediante los objetos perceptivos respecto a los cuales revisten mayor importancia, difícilmente hubiéramos llegado a la noción de objetos físicos. Pero, una vez que hemos llegado a esta

noción al reflexionar sobre los objetos perceptivos, no existe razón alguna por la que no podamos aplicarla a regiones que no están ocupadas por objetos perceptivos. No obstante, esto constituye un reciente progreso del pensamiento humano, mientras que el reconocimiento de los objetos perceptivos es, naturalmente, prehistórico y, sin duda, prehumano.

EL CONCEPTO DE FORMA

Queda por abordar la significación de «forma» y cuál es exactamente el valor efectivo de criterios corrientes sobre la forma, tales como «este penique es redondo». La noción de forma es uno de los muchos puntos donde la separación tradicional entre Espacio y Tiempo es muy tenue. Podemos comprobarlo si preguntamos: «¿Cuál es la forma de una nube de vapor de color?» Como el contorno de las nubes cambia continuamente no existe nada que pueda llamarse de manera precisa *la* forma de ella. Podemos, no obstante, dividir la historia de una nube en secciones sucesivas cada vez más cortas, y referirnos a la forma de cada una de éstas. La forma sólo se convierte en un concepto perfectamente definido cuando se refiere a un objeto *momentáneo prolongado;* por lo que sólo puede definirse de manera precisa mediante la Abstracción Extensiva. Sin embargo, es cierto que existen muchos objetos, como los peniques, cuyas formas de sucesivas secciones momentáneas son prácticamente idénticas a un largo trozo de su historia. En tales casos, podemos referirnos a *la* forma del objeto. Podemos decir que un penique tiene una forma definida y que ésta es circular. Ahora debemos analizar el significado exacto de tales criterios.

a) Forma sensible

Del mismo modo que existe un sentido único no pickwickiano de estar en un lugar, sólo existe un sentido literal de tener forma. No podemos definir «forma» en su sentido literal, como tampoco podemos definir «estar en un lugar» en su sentido literal. Pero podemos llegar y llegamos a conocer ejemplos concretos de forma en los campos que nosotros sentimos. El significado literal de forma queda mejor ilustrado por un *sensum* visual que no sufre alteración alguna durante toda la corta duración de un solo campo sentido. Debe recordarse que en este capítulo partimos de la suposición simplificadora de que los campos sentidos y los *sensa* que aquéllos contienen son literalmente momentáneos. Corregida esta hipótesis en el capítulo siguiente; pero por el momento podemos decir que la *Forma Sensible* es el tipo de forma que poseen los *sensa* visuales y otros *sensa,* y que éste es el significado substancial de forma.

b) FORMA ÓPTICA

Nos hemos referido a varios observadores distintos «que ven el mismo objeto desde diferentes lugares»; y hemos examinado con suficiente exactitud el valor efectivo de este criterio para la definición de ocupación óptica. Respecto a la cuestión que nos ocupa debemos ir un poco más allá y hacer una distinción que hasta ahora hemos abandonado en aras de la sencillez. Cuando se dice que varias personas «ven el mismo objeto», esto a veces quiere decir que todos ellos «ven la misma parte del objeto», y otras veces quiere decir que «ven diferentes partes del mismo objeto». Además, cuando están viendo diferentes partes del mismo objeto puede ocurrir que las partes que ven estén completamente separadas o que estén parcialmente sobrepuestas unas sobre otras. Los ejemplos siguientes ilustran dichas distinciones: 1) Si hay un penique sobre la mesa y varias personas se encuentran alrededor de ella mirándolo, podemos decir que todas ellas «ven toda la superficie superior del penique». 2) Si yo estoy en mi habitación con la puerta cerrada y miro a la puerta desde el interior de la habitación, mientras que ustedes están en el pasillo y la miran desde fuera, diremos que estamos «viendo partes totalmente separadas del mismo objeto». 3) Si ponemos sobre la mesa una bola de *cricket* y varias personas que se encuentran alrededor de la mesa la miran, diremos que todas ellas «ven partes parcialmente diferentes de la misma, pero que las partes vistas por observadores adyacentes se sobreponen parcialmente». Es totalmente evidente que estos tres tipos diferentes de criterio expresan tres situaciones reales diferentes, produciéndose todos ellos a menudo en la vida cotidiana. Según la ingenua opinión de que literalmente sentimos partes de las superficies de objetos físicos cuando los miramos, los significados de tales criterios resultan, hasta cierto punto, naturales. Mas hace mucho que hemos descartado tal opinión; y, en realidad, una de las razones que nos llevó a hacerlo fueron las diferencias en la forma sensible de los *sensa* de distintos observadores que estaban todos «viendo la totalidad de la superficie superior del penique». Por consiguiente, es necesario que definamos los sentidos pickwickianos en que tales criterios son ciertos.

Podemos decir que A y B están viendo la misma parte de un objeto perceptivo, cuand los *sensa* visuales *s*A y *s*B, apariencias de dicho objeto que tiene A y B, respectivamente, están ópticamente presentes exactamente en la misma región del movimiento-*continuum*. Puede preguntarse: «Cómo es esto posible si *s*A puede ser circular y *s*B elíptico; o, aun siendo ambos circulares, *s*A puede ser mucho mayor que *s*B?». Esta objeción se debe a una confusión entre ocupación óptica y literal. Nada hay en la definición de ocupación óptica que no permita que la misma región del movimiento-*continuum* esté ópticamente ocupado desde diferentes lugares por *sensa* de diferentes formas y tamaños sensibles. Lo que sería imposible es: *a*) Que el mismo lugar en un campo sentido estuviera ocupado sensiblemente por dos *sensa* de diferentes forma o tamaño; o *b*) Que la misma región del movimiento-*continuum* estuviera físicamente ocupado por objetos

científicos de diferente forma y tamaño. Ahora resulta fácil el examen de los otros dos casos. Vemos diferentes partes completas de un objeto perceptico si los *sensa* visuales, que son las apariencias que tenemos de este objeto, están ópticamente presentes en regiones totalmente separadas del movimiento-*continuum*. Por último, A y B ven partes parcialmente sobrepuestas de un objeto perceptivo si: *a)* Los *sensa* *s*A y *s*B están ópticamente presentes en diferentes regiones del movimiento-*continuum*; *b*) Estas regiones están en parte sobrepuestas; y *c)* La parte sobrepuesta está ópticamente ocupada por una parte de *s*A y por una parte de *s*B. Lo que debemos ver claramente es que, literalmente, es una tontería pensar que los diversos *sensa* que constituyen un objeto óptico completo están sobrepuestos formando una sola superficie.

No creo que merezca la pena tomarse la molestia de definir *la* forma óptica de un objeto perceptivo. Esto entrañaría la definición de algunos sentidos pickwickianos, lo cual nos obligaría a referirnos a *la* forma del objeto óptico completo, el cual es un componente del objeto perceptivo dado. Ahora bien, el sentido común sostendría que no existe posición alguna desde la cual sea literalmente posible ver el conjunto de cualquier objeto perceptivo. Y admitiría que la forma y tamaño visuales de cualquier parte depende de la posición del observador. En realidad, sólo utilizamos la forma y tamaño visuales como indicaciones (suficientemente garantizadas en condiciones normales, si son adecuadamente corregidas) de la forma del objeto perceptivo. Por forma del objeto perceptivo el sentido común entiende su forma sentida. Es posible, y quizá útil, definir la forma y tamaño ópticos de una parte de un objeto perceptivo desde una dirección dada. Esto podría efectuarse como sigue: si miramos al lugar donde está el objeto perceptivo situamos la apariencia visual del objeto en el centro de nuestro campo visual, y luego andamos de frente, sintiendo una serie de campos visuales, cada uno de los cuales contiene una pariencia del objeto. Estos *sensa*, como ya hemos visto, aumentan hasta un tamaño y claridad máximo a medida que nos aproximamos al lugar que ocupan ópticamente. Podemos, quizá, considerar el tamaño y la forma del *sensum* mayor y más claro de tal serie como tamaño y forma óptica desde una dirección dada de una parte determinada de un objeto perceptivo. Mas no creo que esta definición pueda generalizarse con objeto de dar un significado al tamaño y forma de un objeto óptico completo.

c) Forma física

Hemos dicho que el sentido común identifica la forma «real» de un objeto perceptivo con su forma sentida. Este criterio requiere un profundo análisis. Lo que primero debe observarse es que tendemos mucho más a creer que sentimos partes literales de superficies de objetos físicos que a creer que las vemos. Las imágenes en el espejo, y las variaciones de forma y tamaño visuales según la posición del observador, hacen evidente, incluso para el sentido común, que los *sen-*

sa visuales no son literalmente partes de las superficies de objetos perceptivos, aunque, naturalmente, el sentido común no comprende qué cambios radicales provoca una consistente aplicación de tal conclusión. Pero estamos convencidos de que lo que tocamos es literalmente una parte de la superficie de un objeto físico. Estoy seguro de que, con explicaciones y requisitos adecuados, puede sostenerse algo parecido a esta opinión, si bien debemos llegar gradualmente a ella y efectuar las distinciones necesarias a medida que avanzamos.

1) Existen campos de tacto, del mismo modo que existen campos visuales. Y dentro de ellos se destacan, a veces, *sensa* de tacto que tienen formas y posiciones sensibles cognoscibles dentro del campo. Los *sensa* de tacto se destacan del resto del campo de tacto cuando está a una temperatura marcadamente diferente del resto o cuando es distinta la sensación de tacto que producen. Estas observaciones pueden comprobarse poniendo la mano sobre una mesa en la que haya un trocito de hielo o un clavo con la punta hacia arriba. En ambos casos sentiremos un campo de tacto con un determinado *sensum* de tacto que destaca en un determinado lugar sensible dentro de él. En el primer caso, el *sensum* se destacaría por su frialdad respecto al fondo y tendría una forma sensible. En el segundo, se destacaría un *sensum* respecto al fondo por la peculiar sensación de pinchazo que produce. Mas, para el hombre corriente, el campo de tacto se diferencia mucho menos claramente que el campo visual, y la posición de tacto y de forma resultan mucho más difusos que las formas y posiciones sensibles de los *sensa* visuales. Es muy posible que esto no sea cierto para las personas ciegas. El campo de tacto, como el que acabamos de describir, está relacionado con lo que los psicólogos llaman «tacto pasivo»; y generalmente se admite que, de por sí, el tacto pasivo proporciona datos extremadamente vagos sobre la forma y tamaño.

2) Al igual que los *sensa* visuales sólo están literalmente presentes en sus propios campos, los *sensa* de tacto sólo están literalmente presentes en campos de tacto. Cuando decimos que hay un *sensum* de tacto frío y redondo en un lugar determinado del movimiento-*continuum*, hablamos necesariamente en un sentido pickwickiano, como cuando decimos que allí hay un *sensum* visual elíptico y marrón. Este sentido pickwickiano no es del todo evidente. Puede decirse que un determinado *sensum* de tacto ocupa aquel lugar en el movimiento-*continuum* hacia el que tengo que extender la mano antes de poder sentir dicho *sensum*. Toda la región en que esá presente un determinado objeto físico puede estar, en este sentido, ocupado en diferentes partes por un gran número de diferentes *sensa* de tacto desde campos contemporáneos de diferentes observadores y desde sucesivos campos de un solo observador. El conjunto de tal grupo de *sensa* de tacto constituiría el *Componente Tangible*, el cual, junto con el objeto óptico completo y quizá otros componentes, forma el objeto perceptivo.

3) Puede admitirse, generalmente, que es mediante el «tacto activo», es decir, al pasar los dedos sobre superficies, como llegamos a conocer las «formas reales» de objetos como los peniques. Ahora bien,

el tacto activo es, en parte, una experiencia de movimiento y en parte una experiencia de tacto. El aspecto puramente táctil es ilustrado de manera independiente en el tacto pasivo, y ya hemos visto lo poco que éste proporciona al hombre corriente sobre forma y tamaño. Pero el tacto activo es movimiento de una clase muy parecida a la que experimentamos cuando andamos acompañados de sensaciones de temperatura, presión, «agudeza», «aspereza», etc. Observamos que existen determinadas regiones del movimiento-*continuum* en las que no podemos entrar o no podemos empujar. Nuestro libre curso anterior es interceptado. Esta interrupción se acompaña y acentúa por sensaciones de tacto de diversas clases. Siempre va acompañada de sensaciones de presión que aumentan en intensidad cuanto más tratamos de penetrar en dicha región. Cuando sentimos activamente un cuerpo, quiere decir que tratamos de penetrar en una región determinada del movimiento-*continuum* desde diferentes direcciones, no pudiendo llevarlo a cabo. Y este hecho de no poder hacerlo está marcado por sensaciones de tacto características. Los puntos sobre su superficie son los puntos en los que se ven interrumpidos los intentos de un movimiento ulterior. Por consiguiente, lo que sentimos cuando decimos estar activamente explorando un determinado objeto perceptivo es una superficie cerrada en el movimiento-*continuum*. Los límites que sentimos son los límites de un volumen que está *en* el movimiento-*continuum* en el mismo sentido literal en que un *sensum* de tacto está en su campo de tacto o un *sensum* visual es su campo visual. El componente óptico y el componente tangible del objeto perceptivo están sobre la superficie de esta región sentida en sus respectivas formas pickwickianas, mientras que los objetos científicos están dentro de esta región en un sentido completamente literal.

Aquí cabe recordar otro punto importante. La experiencia de ser interceptados cuando tratamos de penetrar en una región determinada del movimiento-*continuum* desde varias direcciones no constituye una sola experiencia simultánea, sino una serie de *sucesivos* intentos y fracasos, acompañados de sensaciones de tacto características. Por otra parte, la región que decimos sentir es concebida como una red de puntos contemporáneos. Si no poseyéramos los conceptos de forma y volumen de nuestros campos visuales y, en un grado mucho menor, de nuestros campos de tacto, jamás podríamos haber interpretado estas sucesivas interrupciones como una red de puntos contemporáneos en una clase de espacio. Esto no es más que otra ilustración del hecho general, ya señalado, de que aparte de las peculiaridades características de los campos visuales y de las correlaciones de éstos con nuestros movimientos corporales, no hubiéramos jamás interpretado en manera alguna el movimiento-*continuum* espacial.

d) Resumen de conclusiones sobre la forma

La forma sólo tiene un significado perfectamente definido cuando se aplica a conjuntos prolongados de partes coexistentes. Por tanto, es imposible abordarla de manera adecuada con independencia del

tiempo. Es decir, sólo tienen forma los fenómenos momentáneos prolongados, y sólo podemos referirnos a la forma de un *objeto* permanente, partiendo de la suposición de que sucesivas secciones momentáneas de su historia son fenómenos prolongados con la misma forma. Mas, dejando estas complicaciones temporales para el capítulo siguiente, podemos decir que llegamos al concepto de forma a través del conocimiento de momentos particulares de ella en forma de *sensa* visuales y, en un grado mucho menor, de *sensa* de tacto. Habiendo llegado a este concepto de dicha forma, podemos, como de costumbre, aplicarlo a otros casos que no podemos sentir.

La noción de la forma de un objeto perceptivo entraña la misma clase de confusión que el propio objeto perceptivo, ya que éste es un *compositum* de objetos componentes de diversos tipos. Cada uno de estos objetos componentes sólo tiene una forma en un sentido pickwickiano, si es que la tiene. Y el sentido pickwickiano es diferente para cada tipo de objeto componente. Definir un significado del componente óptico o del componente tangible ha demostrado ser inútil y quizá hasta imposible. En realidad, lo que significa forma de un objeto perceptivo no parece ser la forma de ninguno de sus objetos componentes. Es más bien la forma de una determinada región de discontinuidad dentro del movimiento-*continuum*. Esta es la región sobre cuya superficie los componentes ópticos y tangibles del objeto perceptivo están presentes en los sentidos pickwickianos del concepto de «presencia», apropiado para cada uno. Y se supone que dentro de este volumen residen aquellos objetos científicos que revisten una importancia substancial para la determinación del relleno óptico y tangible de la región.

Los límites de tales regiones del movimiento-*continuum* son conocidos mediante la exploración activa. Los intentos de un ulterior movimiento son interceptados y la interrupción se ve acentuada por las sensaciones de tacto que la acompañan. La interpretación de estas sucesivas interrupciones como una red de puntos contemporáneos dentro del movimiento-*continuum* entraña la aplicación de conceptos derivados principalmente del campo visual, y lo mismo sucede con la interpretación del propio movimiento-*continuum*. Las formas de los *sensa* visuales son consideradas como indicaciones de la forma de esta región del movimiento-*continuum*, pero el sentido común admite que requieren ser corregidas; corrección que aplicamos automáticamente y en debida forma respecto a casos conocidos.

Hasta aquí podemos llegar provechosamente sin considerar las características temporales de los *sensa*, objetos físicos y procesos físicos. Sobre estas cuestiones trataremos en el capítulo siguiente.

Obras adicionales que pueden consultarse con provecho:

G. F. Stout, *Manual of Psychology*, vol. III, parte II, caps. III y IV.
W. James, *Principles of Psychology*, capítulos acerca del Espacio.
Berkeley, *Theory of Vision.*

Tiempos y Duraciones de los «sensa» y de los Objetos y Procesos Físicos

«She is settling fast,» said the First Lieutenant as he returned from shaving.
«*Fast*, Mr. Spoker?» asked the Captain. «The expression is a strange one, for Time (if you will think of it) is only relative.»

(R. L. STEVENSON, *The Sinking Ship.*)

Debemos ahora, en relación con el tiempo y la duración, examinar el mismo tipo de cuestiones que hemos examinado anteriormente respecto al lugar y la forma. Del mismo modo que en capítulo anterior hemos observado cosas nuevas no sólo sobre la Materia, sino también sobre el Espacio, en éste profundizaremos más en los conceptos de Tiempo y Cambio, analizados en el capítulo segundo. Asimismo, corregiremos determinadas suposiciones simplificadoras utilizadas en el capítulo anterior, como la hipótesis de que nuestros sucesivos campos visuales son literalmente momentáneos.

COMPARACION DE LAS CARACTERISTICAS ESPACIALES Y TEMPORALES DE LOS «SENSA».

Abordemos, en primer lugar, las características temporales que pertenecen a los *sensa* en la misma forma directa y literal en que les pertenece el lugar sensible en sus propios campos. Existen tres formas en que las características temporales son más penetrantes que las espaciales. 1) Sólo los objetos tienen lugares y formas en un sentido literal o incluso pickwickiano. Los actos mentales, como creer, desear, etc., no tienen lugares sensibles, como tienen los *sensa* en sus propios campos, ni, generalmente, se considera que se hallen en un Espacio físico, incluso en un sentido pickwickiano. Alexander rechaza esta idea, pero sus argumentos no me parecen convincentes. Indudablemente, es posible dar un significado pickwickiano al criterio de que nuestros actos mentales están en nuestra cabeza, pero es tan poco el provecho científico que sacamos de tal criterio que no merece la pena hacerlo. Por otra parte, considero que los actos mentales tienen tiempos en el mismo sentido literal que los *sensa* y otros objetos que no son actos. Cuando digo que he empezado a pensar en mi cena en el momento en que he oído un ruido, hago el aserto de que un determinado acto de pensamiento y una determinada sensación de sonido son contemporáneos; y esto es la expresión de una experiencia inmediata que no tiene nada de pickwickiana. 2) Las características espaciales de los *sensa* de un sentido no se extienden literalmente a los *sensa* de otro sentido, incluso en el caso de un solo observador. Mis *sensa* visuales tienen lugares en mi campo visual, y mis

sensa de tacto tienen lugares en mi campo de tacto; no existe lugar alguno en que ambos estén literalmente presentes. Ciertamente, llegamos a decir que determinados *sensa* visuales están copresentes con determinados *sensa* de tacto; mas, como hemos visto, esto sólo significa que ambos están presentes, en diferentes sentidos pickwickianos, en una región del movimiento-*continuum*. Esta no es la clase de fenómeno que puede sentirse directamente. Además, según parece, las relaciones temporales vinculan directamente *sensa* que pertenecen a diferentes sentidos del mismo observador. A menudo puedo discernir instantáneamente que un determinado ruido que siento es contemporáneo de un resplandor que siento, y posterior a un dolor agudo de muelas que recuerdo. Aquí parece que utilizo los nombres de estas relaciones temporales en un sentido absolutamente literal, y no pickwickiano. Por otra parte, las relaciones temporales no se extienden literalmente de un observador a otro. Usted y yo podemos considerar que dos *sensa* visuales, uno de los cuales fue sentido por usted y el otro por mí, fueron contemporáneos; y usted puede considerar que su *sensum* visual fue contemporáneo con un dolor agudo de muelas que sintió. Pero mi resplandor y el suyo no son contemporáneos en el mismo sentido literal en que su resplandor y su dolor de muelas son contemporáneos. Las relaciones temporales entre los *sensa* o los actos mentales de dos observadores distintos tienen que definirse en términos de otros muchos hechos, aparte de los dos actos o *sensa* que relacionan, como pudimos observar respecto a las relaciones espaciales entre los *sensa* de diferentes observadores. 3) Las relaciones espaciales no se extienden literalmente desde los *sensa* de un campo de un observador determinado a los *sensa* de un campo posterior del mismo sentido y del mismo observador. Unicamente en un sentido pickwickiano podemos decir que un determinado *sensum* visual mío está copresente con otro *sensum* visual mío, perteneciente a un campo posterior. Además, el recuerdo directo parece a menudo cubrir la laguna entre dos de nuestros *sensa* de diferentes tiempos, permitiéndonos así dicernir directamente que uno es literalmente posterior al otro.

DURACION SENSIBLE

a) «Sensa» y objetos sensibles

En el capítulo anterior asumimos temporalmente, y en aras de la sencillez, que nuestros sucesivos campos sensibles son literalmente momentáneos, y que un *sensum* en un campo es *ipso facto* diferente de cualquier *sensum* en otro campo. Mas ahora debemos analizar estas hipótesis simplificadoras. La segunda de ellas es, en parte, una cuestión de definición. Indudablemente, lo que ahora es pasado no puede ser exacta y numéricamente lo mismo que lo que ahora es presente, si bien las cualidades y formas sensibles de ambos deberían ser exactamente iguales en sus respectivos campos sensibles. Esto, naturalmente, sin menoscabar el hecho de que el parecido y la continuidad entre los miembros de una serie de diferentes *sensa* en campos

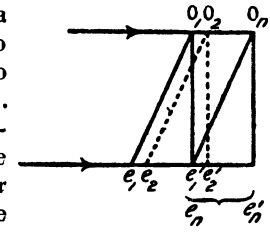
sucesivos pueden ser tales que resulte posible y útil referirse a un solo *objeto sensible* permanente, de cuya historia los *sensa* de la serie son secciones diferentes y sucesivas. Cuando existe una serie de *sensa* s_1 ..... s_n en un grupo de campos sucesivos de un observador O, y cuando existe suficiente parecido cualitativo entre *sensa* adyacentes de la serie, podemos decir que un objeto sensible S existe y perdura, y que estos *sensa* son partes sucesivas de su historia. Si todos los *sensa* de la serie son indistinguibles respecto a sus cualidades, podemos decir que el objeto sensible S no ha sufrido cambio alguno durante una duración determinada. Si los *sensa* sucesivos tienen diferentes lugares en sus respectivos campos, y si existen otras condiciones determinadas, podemos decir que el objeto sensible S se ha movido. El tipo de continuidad que se requiere de los *sensa* s_1 ..... s_n a fin de que todos ellos puedan considerarse como partes de la historia de un solo objeto sensible S, es que, cuanto más próximos estén dos *sensa* de la serie, más parecidos son sus lugares sensibles en sus respectivos campos. Si se cumple esta condición decimos que existe un solo objeto sensible, y si los sucesivos lugares sensibles son diferentes, decimos que el objeto sensible se ha movido. Naturalmente, podemos recordar el lugar de un *sensum* s_r en su campo c_r y compararlo con el de s_{r+1} en su campo c_{r+1}. Esto no constituye, en general, un acto deliberado de memoria y comparación, sino que notamos automáticamente si la posición de s_{r+1} en c_{r+1} es muy diferente a la de s_r en c_r. Si los campos que siguen a un determinado campo c_n no contienen *sensa* con la clase de parecido y continuidad respecto a los *s* anteriores, decimos que el objeto sensible S ha dejado de existir. Como ya hemos explicado, nada que haya existido deja realmente de existir. Las partes de la historia que han evolucionado retroceden simplemente a un pasado cada vez más remoto; y nada de lo que deviene a partir de dicho momento puede añadirse, por su naturaleza, a estos pasados acontecimientos y ser una continuación de *ese particular* objeto sensible. Por tanto, sería menos confuso decir que el objeto sensible en cuestión cesa de *perdurar*. El pasado, como el desdichado Teseo, «*Sedet, aeternumque sedebit*».

b) Duración de los campos sensibles y de los «sensa»

Partiendo de la suposición de que los campos sensibles son literalmente momentáneos se desprende que los *sensa* son también literalmente momentáneos. Mas ahora debemos abandonar esta suposición para aproximarnos más a los verdaderos hechos de la experiencia sensible. Un proceso sensible tiene una duración finita, que puede definirse en líneas generales como el tiempo durante el cual es sentido, sin confundirlo con ser recordado. Estas dos clases de acto aparecen marcadamente diferentes cuando un largo intervalo de tiempo separa el acto de recordar del objeto recordado. A medida que disminuye el intervalo de tiempo entre acto y objeto, la diferencia entre sentir y recordar se hace más tenue, no pudiéndose trazar una línea divisoria clara donde uno termina y otro empieza. Además, es evi-

dente que el margen de lo que podemos sentir en cualquier momento se extiende un poco hacia atrás del momento. Este es el fenómeno al que ya nos hemos referido como Presente Lato. Mas no considero las explicaciones que dan los psicólogos sobre el Presente Lato como muy claras, por lo que trataré de ilustrar la cuestión a mi modo. Esto nos llevará a la definición de campos momentáneos y actos de sentir momentáneos. Es indudable que si hemos de mantener que todos los objetos-procesos son realmente de duración finita, y que los *objetos* momentáneos deben definirse por Abstracción Extensiva, lo más indicado será adoptar la misma actitud respecto a los *actos*. Para empezar, daré por supuesto que los actos de sentir son literalmente momentáneos, y más adelante corregiré esta abstracción.

Representémonos la historia de los actos de O mediante una línea directa OO. Representémonos la historia de sus campos sensibles por una línea paralela *ee*. Supongamos que O_1, en la línea superior, representa un acto de sentir momentáneo realizado por O en un momento t'_1. Doy por supuesto que este acto constituye un proceso de duración finita que retrocede del momento t'_1 a un momento t_1, el cual es anterior por una diferencia τ. Esta duración τ es la longitud del Presente Lato de O. Llamo este proceso $e_1e'_1$, y represento el acto de sentir que abarca dicho proceso en su conjunto por el triángulo rectangular $e_1O_1e'_1$, del que $e_1e'_1$ es la base y O_1 el vértice.



Supongamos ahora que, en un momento ligeramente posterior (separado por menos que la longitud del Presente Lato), O realiza otro acto de sentir. Lo representaremos por el triángulo de puntos $e_2O_2e'_2$, el cual se parece a $e_1O_1e'_1$. Este abarca un proceso de duración τ que se extiende hacia atrás desde el momento en que se produce el acto. El proceso está representado por $e_2e'_2$. Naturalmente, existe una parte $e_2e'_1$, que es común a los dos procesos $e_1e'_1$ y $e_2e'_2$. Esta parte es sentida tanto por el acto O_1 como por el acto O_2. Por otra parte, existe una parte e_1e_2 del primer proceso que no es sentido por el segundo acto, y una parte $e'_1e'_2$, del segundo proceso, que no es sentido por el primer acto. Puede observarse que la duración de $e_2e'_1$, proceso sentido por O_1 y O_2, es tal que, cuando es añadida al tiempo que transcurre entre ambos actos, equivale a la duración del Presente Lato de O. Si finalmente consideramos un acto O_n, separado de O_1 por la longitud del Presente Lato, el proceso $e_ne'_n$ que abarca no tiene nada de común con $e_1e'_1$, excepto el único punto marcado e'_1 y e_n. De este modo, si dos actos sentidos por O están separados por la longitud del Presente Lato de O, el único «proceso» que es sentido en ambos es un «proceso momentáneo». En general, observamos que cuanto más corto es el intervalo de tiempo entre dos actos sentidos por O más largo es el proceso sentido en ambos actos y que la duración del proceso tiende a τ porque el intervalo tiende a nada.

c) Campos momentáneos y actos de sentir momentáneos

Ahora estamos en condiciones de abandonar la suposición relativa a actos literalmente momentáneos, y definir mediante la Abstracción Extensiva tanto los actos momentáneos como los campos momentáneos. Si el lector mira de nuevo al diagrama anterior podrá observar que el proceso $e_2e'_1$, el cual es común a los dos actos de sentir O_1 y O_2, es *a fortiori* común a O_1 y a cualquier acto que se produzca entre O_1 y O_2, ya que constituirá una parte propia del proceso más largo que es común a este par de actos más estrechamente adyacentes. Si imaginamos una serie continua de actos momentáneos entre O_1 y O_2 podemos considerarlos como secciones momentáneas de un acto o proceso de duración finita, pudiendo afirmar que el proceso $e_2e'_1$ está presente a todo lo largo de este proceso de sentir. Las partes e_1e_2 y $e'_1e'_2$ forman como una penumbra; la segunda no estaba presente al principio y la primera no está presente al final de este proceso finito de sentir; pero la parte $e_2e'_1$ está presente a través de todo el proceso. Por tanto, un campo sensible momentáneo puede definirse en líneas generales como el límite al que se aproxima la parte que está presente a todo lo largo de un proceso de sentir, a medida que se aproxima la duración del proceso de sentir a la longitud del Presente Lato del observador. Por consiguiente, podemos desprendernos de la referencia a los límites en la forma acostumbrada mediante la Abstracción Extensiva. El campo momentáneo e'_1 puede, finalmente, definirse como sigue: consiste en una clase de procesos tal que cada uno de sus miembros está presente a todo lo largo de *algún* proceso de sentir que empieza en t'_1 y que no dura más que el Presente Lato de O.

Del mismo modo podemos definir un acto de sentir momentáneo. Cuanto más largo es un proceso más corto es el proceso de sentir a través del cual está presente. A medida que la longitud del proceso sentido se aproxima a la longitud del Presente Lato, la duración del proceso de sentir a través del cual está presente se aproxima a nada. Por tanto, podemos definir en líneas generales un acto de sentir momentáneo como el límite al que se aproxima un proceso de sentir a medida que la duración del proceso que está presente a todo lo largo del proceso de sentir se aproxima a la duración del Presente Lato del observador. Así, pues, podemos desprendernos de la referencia a los límites en la forma acostumbrada. El acto momentáneo O_1 puede, finalmente, definirse como sigue: consiste en una clase de actos tal que a todo lo largo de cada miembro está presente *algún* proceso que termina en t'_1 y que no dura más que la duración del Presente Lato de O.

En la vida real podemos dar por supuesto que nuestros actos de sentir no son momentáneos, sino procesos que duran un tiempo finito. Lo que consideramos como un proceso de sentir depende, naturalmente, de muchos factores, entre los cuales el que reviste mayor importancia es probablemente la unidad de interés. Si nuestra explicación del Presente Lato es acertada, el hecho substancial es que un

proceso de sentir que dura un tiempo finito (siempre que sea más corto que la duración del Presente Lato) en realidad *sentirá* un determinado proceso de duración finita a través de todo el tiempo que dura el proceso de sentir. No obstante, teniendo en cuenta que hemos podido definir actos momentáneos y campos sensibles momentáneos en términos de procesos de sentir y campos sensibles de duración finita, podemos utilizar perfectamente las concepciones momentáneas siempre que lo juzguemos conveniente.

d) Cambio sensible

Estamos ahora en condiciones de poder abordar el cambio y el movimiento sensibles. Ya hemos definido lo que significa la afirmación de que un objeto sensible *ha* cambiado o se ha movido. Hemos podido ver que esto depende de la comparación entre las posiciones y otras cualidades sensibles de los *sensa* en campos sucesivos. Mas es un hecho notorio que no solamente sentimos que algo se *ha* movido o ha sufrido un cambio cualquiera, sino que a menudo vemos también cómo se produce ese *movimiento* o *cambio*. Esto ocurre cuando miramos al segundero de un reloj o a una llama vacilante. Estas son experiencias de una clase única; no podríamos describir lo que en ellas vemos a una persona que nunca haya tenido tales experiencias, del mismo modo que nos es imposible describir el color encarnado a una persona ciega de nacimiento. Es también evidente que ver un segundero *moverse* es algo completamente diferente a «ver» que se ha movido una manecilla del reloj. En el primer caso, estamos interesados en algo que ocurre dentro de un solo campo sensible; en el otro estamos interesados en una comparación del contenido de dos campos sensibles diferentes. Acabamos de ver que en el proceso total, que es sentido por un proceso que dura menos tiempo que la duración del Presente Lato, existe una parte finita que está sensiblemente presente a través de todo el proceso de sentir. Incluso si un proceso de sentir determinado dura más que un Presente Lato, existirán en aquél partes que son más cortas que la duración de un Presente Lato, y *algún* proceso de duración finita será sentido a todo lo largo de cualquiera de estas partes más cortas del proceso total. Examinemos cualquier proceso finito, sentido a todo lo largo de un proceso finito de sentir. Será un campo sensible que durará un tiempo finito. Por tanto, puede ser dividido en campos sucesivos de duración más corta, los cuales forman juntos dicho campo. Si en una de sus primeras secciones existe algo cualitativamente diferente a algo de cualquiera de sus secciones posteriores, se registrará un cambio *dentro* del campo original. Pero el conjunto de este campo es sentido durante todo un proceso finito de sentir. Así, pues, las diferencias cualitativas entre sus primeras y posteriores secciones serán sentidas *juntas;* es decir, que el observador sentirá realmente el cambio y no notará simplemente que algo *ha* cambiado. Ahora podemos comprender fácilmente por qué un cambio debe sobrepasar una determinada velocidad mínima para poder ser sentido como tal. Si un cambio se produce

lentamente, esto significa que procesos estrechamente adyacentes se diferencian muy poco cualitativamente entre sí. Puede, por tanto, ocurrir que no podamos distinguir cualitativamente dos procesos, a menos que estén separados por más que la duración de un Presente Lato. En tal caso, estas dos secciones cualitativamente distinguibles de un solo largo proceso están demasiado separadas para poder ser sentidas juntas, incluso por un acto momentáneo. *A fortiori* no podrían sentirse a todo lo largo del conjunto de cualquier proceso de sentir que dura un tiempo finito, como ocurre con todos los verdaderos actos de sentir. Así, pues, podemos, en tales casos, juzgar por la memoria y la comparación que algo *ha cambiado*, mas no podremos sentir un *cambio*.

El hecho de que, en casos favorables, los cambios puedan ser realmente sentidos, tiene gran importancia para el desarrollo del concepto de cambio en general. Un acto de sentir lo suficientemente corto siente un campo de duración infinita. Este campo puede dividirse en partes primeras y posteriores, que juntas forman dicho campo. Ahora bien, como puedo sentir este campo finito en su conjunto, siento la forma en que su primera mitad se una con la posterior para formar el conjunto. Por analogía con esto, puedo concebir cómo dos campos sucesivos adyacentes, que ningún acto, por muy corto que sea, puede sentir juntos, están unidos entre sí por su propia naturaleza para formar un solo largo proceso. Así puedo interpretar aquellas diferencias cualitativas que sólo puedo notar entre sucesivos cambios sensibles, en términos de los cambios que, en realidad, puedo sentir dento de un campo que es lo suficientemente corto para ser sentido en conjunto por un acto de duración finita. Si no hubiera cambio sensible seguiría siendo verdad que un acto de sentir lo suficientemente corto siente un campo de duración finita; pero sería extremadamente difícil reconocer que aquél es divisible en sucesivas secciones más cortas que se unen entre sí para formar el campo finito. Y esto porque no existiría diferencia cualitativa cognoscible alguna entre las primeras y posteriores secciones. En este caso, nos resultaría muy difícil concebir la forma en que un campo finito, ahora sentido, se une a otro campo finito anterior, que ahora sólo recordamos. Sería proporcionalmente difícil para nosotros interpretar cualquier diferencia cualitativa que pudiésemos encontrar entre dos campos de tal tipo en términos de un lento cambio continuo.

e) Conclusiones sobre la duración sensible

Creo que ahora disponemos de todos los elementos necesarios para abordar el concepto de la duración de los *sensa*. Un campo sensible es el proceso total sentido durante toda la duración de cualquier proceso de sentir. Ningún proceso que dure más que la duración de un Presente Lato puede sentir un solo campo sensible, y ningún campo sensible puede durar más que la duración de un Presente Lato. Pero, por otra parte, todo proceso de sentir que dura menos que un Presente Lato siente, durante todo el tiempo que dura, un campo sensible

de duración finita. Teniendo en cuenta que siempre podemos dividir un proceso de sentir en secciones sucesivas, cada una de las cuales es más corta que un Presente Lato, siempre podemos dividir el total del proceso que un observador ha sentido en el curso de un largo proceso de sentir en sucesivos campos sensibles, cada uno de una duración finita menor que la del Presente Lato. Por tanto, un campo sensible tiene una máxima duración posible, pero cualquier campo sensible puede dividirse en campos más cortos que se unen en sus extremos para formar el conjunto. Esta divisibilidad se hace evidente gracias al cambio sensible, y la forma en que se unen sucesivos campos adyacentes es concebida como análoga a la que en realidad se siente en el caso de las mitades primera y posterior de un solo campo sensible.

Ahora bien, ya hemos visto que incluso un campo sensible momentáneo (especialmente, por ejemplo, un campo visual) se prolonga espacialmente. Ahora hemos visto que cualquier campo sensible tiene una duración determinada, la cual no puede exceder a la del Presente Lato del observador. Por consiguiente, es también temporalmente «prolongado». Por estas razones puede ser considerado como un conjunto espacio-temporal de cuatro dimensiones. Pero, si consideramos un volumen corriente de tres dimensiones, como un cubo, y hacemos caso omiso de toda la cuestión relativa a la duración, vemos que todo lo que forma literalmente parte de él debe ser también un volumen de tres dimensiones; pues sólo tales cosas pueden literalmente cuadrar juntas para formar el cubo. Las secciones planas del cubo no son partes de él en este sentido literal, si bien es muy fácil definir, mediante la Abstracción Extensiva, sentidos pickwickianos en los que planos, líneas y puntos pueden justa y útilmente llamarse «partes» de volúmenes. Del mismo modo, está claro que la única clase de cosa que puede ser literalmente una parte de un conjunto espacio-temporal, como un campo sensible, debe ser algo que se prolongue tanto en tiempo como en espacio. Cualquier *sensum* verdadero es, por tanto, prolongado tanto espacial como temporalmente. Dando por supuesto que ningún *sensum* puede durar más que el campo sensible del que es una parte, debemos, no obstante, preguntarnos qué significaba la afirmación de que un *sensum* perdura a través de todo un determinado campo sensible, mientras no ocurre lo mismo con otro *sensum*. Pueden presentarse los siguientes casos: 1) Un determinado lugar en un campo sensible puede estar ocupado por una cualidad sensible (por ejemplo, un color, tono, claridad y saturación determinados) a través de toda la duración del campo sensible. En tal caso, diríamos que un *sensum* de dicho color ha perdurado y permanecido en un lugar sensible a través de toda la duración del campo. En relación con tal *sensum* sólo podemos decir que no puede durar más que el campo sensible del que es una parte (y, por tanto, no puede durar más que la duración de un Presente Lato), aunque, naturalmente, puede ser continuado por *sensa* cualitativamente indistinguibles que ocupen lugares sensibles similares en sucesivos campos similares. 2) Un lugar determinado puede estar sensiblemente ocupado

por una cualidad sensible que cambia continuamente a través de toda la duración del campo sensible. Esto quiere decir, aproximadamente, que si dividimos la historia de este lugar a lo largo de la duración del campo en secciones sucesivas más pequeñas, dos secciones cualesquiera estarán ocupadas por un cualidad sensible diferente, pero que cuanto más pequeñas hagamos las secciones más parecidas serán las cualidades sensibles que ocupan este lugar a través de todas las secciones adyacentes. En este caso, debemos realmente «sentir el cambio de cualidad». La identidad sensible de lugar, y la continuidad de la cualidad sensible, son generalmente consideradas como suficientes para justificar nuestro criterio de que un solo *sensum* ha perdurado a través de todo el campo sensible y que ha permanecido en un lugar sensible, pero que cambia continuamente y sensiblemente de calidad. 3) La historia de un determinado lugar sensible en un campo sensible puede dividirse en tres secciones sucesivas, de las cuales la primera está ocupada por un cualidad c_1, la segunda por una cualidad marcadamente diferente c_2 y la tercera por una cualidad también marcadamene diferente c_3. En este caso, diríamos que hay tres *sensa* sucesivos, cada uno de los cuales dura un tiempo determinado, y al que sucede luego otro. Si de dichas secciones la que se encuentra en medio es excesivamente corta, podemos decir que hemos sentido un «viso sensible de la cualidad c_2 en este lugar sensible». 4) Puede ocurrir que, al dividir el campo sensible en secciones sucesivas cada vez más pequeñas, encontremos en cada sección un lugar sensible ocupado por la misma cualidad sensible. Además, las formas de estos lugares sensibles pueden ser indistinguibles. Pero los lugares sensibles ocupados por esta cualidad en las secciones sucesivas del campo sensible pueden diferir. Y podemos llegar a observar que cuanto más pequeñas hacemos las secciones, más parecidos son los lugares sensibles ocupados por esta cualidad en secciones adyacentes. Sobre la base de esta continuidad de lugares e identidad de forma y cualidad sensible podemos decir que se trata de un solo *sensum* que perdura a lo largo de todo el campo sensible. Pero como, en realidad, sentimos su movimiento, diremos, por tanto, que un *sensum* en movimiento de tal y tal forma y cualidad sensible perdura a todo lo largo del campo sensible. En la vida real es muy improbable que las formas de lugares sucesivos sean exactamente iguales, o que exactamente la misma cualidad sensible ocupe cada uno de ellos. Mas siempre que el cambio de forma y de cualidad sensible sea continuo en el sentido definido anteriormente, podemos decir que se trata de un solo *sensum*, si bien debemos añadir que cambia sensiblemente en forma y cualidad a medida que se mueve sensiblemente. Naturalmente, un *sensum* que se mueve o que cambia cualitativamente no tiene que perdurar necesariamente a lo largo de todo el campo sensible, como tiene que hacerlo un *sensum* que esté inmóvil o cualitativamente fijo. El cambio puede empezar después del comienzo y terminar antes del final del campo sensible en cuestión.

Creo haber expuesto todo lo necesario respecto a la duración de los *sensa*. Como sucede con todos los problemas relativos a la dura-

ción, la respuesta depende, en parte, de meras cuestiones de definición. Cuando preguntamos cuánto dura tal y tal cosa, debemos, ante todo, exponer nuestro criterio acerca de la identidad de tal y tal cosa. Si algo dura, las partes sucesivas de su historia son necesariamente diferentes desde el punto de vista *numérico*, pues en caso contrario no podrían ser sucesivas. Nuestro criterio sobre la identidad *debe*, por tanto, depender de la identidad de cualidad, en el sentido más amplio de la palabra, lo cual entraña forma y lugar. Así, pues, la cuestión es la siguiente: «¿Cuánta diferencia cualitativa puede existir entre secciones sucesivas de un largo proceso antes que deje de ser apropiado llamar la historia de *tal y tal* al conjunto del proceso?» A esta pregunta caben varias respuestas; pero nadie mantiene que sea necesaria una completa identidad cualitativa de procesos sucesivos si todos son considerados como partes de la historia de un objeto permanente. He definido la palabra *sensum de* tal forma que nada que no pueda sentirse a todo lo largo de *algún* proceso de sentir debe llamarse un *sensum*, independientemente del grado de parecido cualitativo y de continuidad entre secciones sucesivas de este largo proceso que pueda existir. Un largo proceso de este tipo puede considerarse como la historia de un solo *objeto sensible*, ya que la clase de identidad necesaria para que perdure un objeto sensible, según mi definición, es diferente de la que se necesita para la perduración de un *sensum*. Por tanto, reconozco la existencia de *sensa* que se mueven y cambian sensiblemente. Teniendo en cuenta que las experiencias de cambio y movimiento sensibles son peculiares e importantes, y que se producen dentro de campos que son sentidos como conjuntos por procesos de sentir de duración finita, éste parece ser el camino más acertado a seguir. Quien no esté de acuerdo con él no tiene más que introducir modificaciones adecuadas en su definición de la palabra *sensum*, mas seguirá viéndose obligado a reconocer y a tratar como mejor pueda todos los hechos que hasta aquí hemos examinado.

TIEMPO DE LOS «SENSA»

Ahora podemos volver al problema del tiempo. La noción de tiempo sólo llega a estar perfectamente clara cuando abordamos procesos momentáneos; mas ningún verdadero proceso es momentáneo Por ello debe definirse mediante la Abstracción Extensiva. En primer lugar, examinaremos el tiempo de los *sensa* que son sentidos por un solo observador, para luego pasar al concepto de relaciones temporales entre *sensa* de diferentes observadores. Cuando puede atribuirse un significado al criterio de que un *sensum* s_1, sentido por O_1, es contemporáneo con s_2, que es sentido por O_2 y posterior a s_3 es posible saber lo que significa la noción de tiempo neutral respecto a varios observadores. Pero antes me referiré brevemente a los tiempos de *actos de sentir*.

a) Relaciones temporales entre acto de sentir y «sensum»

Si el lector examina de nuevo el diagrama con el cual ilustramos los hechos referentes al Presente Lato, observará que en él afirmamos tácitamente que un acto de sentir momentáneo es contemporáneo al punto que determina el final del proceso finito que siente. Esto se sobrentiende al trazar líneas, como $O_1e'_1$ en el diagrama, normales a la línea de objetos sentidos. Es posible que un acto de sentir pueda ser posterior, por una cantidad finita, al conjunto del proceso que siente. Mas no podría, de acuerdo con nuestra opinión sobre el futuro, ser *anterior* a cualquier parte que siente, ya que cuando el acto esá presente, nada hay posterior a él; y sentir lo que aún no ha venido significaría literalmente sentir *nada*. Nuestra suposición parece ser la más razonable que puede hacerse en este caso. Por una parte, que yo sepa, no existe conclusión alguna contra ella, y, por otra parte, lo que caracteriza un acto de *memoria* es su separación por un intervalo de tiempo finito de la última parte del proceso que recuerda. De ahí que cualquier otra suposición que no sea la que nosotros hacemos haría muy difícil la distinción, incluso teórica, entre un acto de sentir y un acto de recordar. La dificultad *práctica* que a veces surge al hacer esta distinción puede fácilmente explicarse partiendo de nuestra opinión. Podemos muy bien suponer que como la separación entre un acto de recordar y el final del proceso recordado se hace cada vez más corta, cada vez será más difícil distinguir el acto de recordar de un acto de sentir, en el cual, si no estamos equivocados, la separación desaparece por completo. Por tanto, daré por supuesto que la suposición en la que tácitamente se basa el diagrama está plenamente justificada. Así, pues, podemos decir, en general, que el comienzo de un proceso de sentir, a todo lo largo del cual es sentido un proceso de duración finita, es contenporáneo al final del proceso en cuestión. Por ello, en el diagrama O_1, el comienzo del acto O_1O_2, es contemporáneo a e'_1, el final del proceso $e_2e'_1$ que es sentido a través de todo este proceso. Lo anteriormente expuesto es suficiente respecto a la relación entre los tiempos de un acto de sentir y de un proceso sentido por aquél; no surge nada parecido a este problema cuando examinamos el Espacio, ya que los actos mentales no tiene lugares, sino tiempos.

b) Relaciones temporales dentro de un campo sensible

Habiendo esclarecido este punto, examinemos ahora el tiempo de los *sensa* que son sentidos durante la historia de un solo observador. Esto comporta dos partes. En rimer lugar, debemos abordar los tiempos de los *sensa* que se encuentran dentro de un solo campo sensible del observador y luego considerar su extensión a *sensa* que no se encuentran en el mismo campo sensible, sino en campos sucesivos. Ante todo, debemos eliminar la ambigüedad que existe en el término *campo sensible*. En el capítulo anterior nos referimos a campos de dos sentidos diferentes, es decir, un campo auditivo y un campo vi-

sual del mismo observador, como a diferentes campos sensibles que no constituyen partes de un solo conjunto mayor. Esto es cierto respecto a las características espaciales que consideramos en tal ocasión, ya que las relaciones espaciales sensibles no vinculan los *sensa* de un sentido con los *sensa* de otro sentido. Pero, en relación con las características temporales, la diferencia entre los campos sensibles de distintos sentidos no tiene importancia alguna. Un sonido que siento auditivamente puede ser sensible y literalmente contemporáneo con un resplandor que siento visualmente. Por tanto, podemos decir que los campos sensibles *especiales* de los diversos sentidos constituyen partes de un solo campo sensible *general*, en lo que se refiere a las características temporales. De ahora en adelante, cuando me refiera a un campo sensible querré hablar de un campo sensible general, a menos que el contexto indique claramente que me refiero a un campo particular, como, por ejemplo, visual o auditivo.

Consideremos, pues, un determinado campo sensible de un determinado observador. Como ya hemos explicado, tiene una duración finita y sus partes de duración finita son *sensa*. Algunos de éstos duran a través de todo el campo, otros no. De dos *sensa*, de los cuales ninguno se prolonga durante todo este campo, uno puede estar separado del otro, es decir, uno puede desaparecer, apareciendo un tercer *sensum* antes de que el otro empiece. También puede darse el caso de que ambos estén parcial o totalmente sobrepuestos. Estas diversas relaciones temporales entre *sensa* de duración finita que caen en el mismo campo sensible pueden ser y son directamente sentidos, lo mismo que las relaciones espaciales entre dos manchas de color en el mismo campo visual. Puede decirse que dos *sensa* son *sensiblemente simutáneos* si uno se sobrepone totalmente al otro. Si un *sensum* se sobrepone sólo parcialmente al otro, existe una parte más corta de uno que se sobrepone totalmente al otro, siendo a su vez totalmente sobrepuesta por una cierta parte más corta del otro. Por ello, estas dos partes serán sensiblemente simultáneas, aunque los conjuntos no lo sean. Puede también observarse que dos *sensa* sensiblemente simultáneos perduran ambos a todo lo largo de la misma sección del campo sensible. Cuanto más corta se hace esta sección, más cortos son también los *sensa* que perduran a lo largo de ella. Cuando llegamos al límite adquirimos la noción de simultaneidad exacta entre procesos momentáneos. Así, pues, podemos desprendernos de la referencia a los límites mediante la Abstracción Extensiva. Whitehead ya ha expuesto los detalles de este proceso.

c) Relaciones temporales dentro de una historia sensible

Podemos ver, a grandes rasgos, cómo de este modo los *sensa* que caen dentro de un solo campo sensible pueden colocarse en un orden temporal y atribuirles el tiempo que les corresponde. Ahora no tenemos más que extender esto a campos sucesivos del mismo observador. Cualquier *sensum* en un campo posterior es posterior a cualquier *sensum* de un campo anterior. Un campo es posterior a otro

si es sentido cuando el otro sólo puede ser recordado. (Este no es el *significado* de ser posterior, como ya hemos visto, sino una afirmación que podemos utilizar y utilizamos en la práctica.) Ahora bien, hemos visto que secciones anteriores y posteriores de cualquier campo sensible pueden distinguirse y que es posible atribuirles el tiempo que les corresponde. Se concibe que los sucesivos campos del mismo observador estén unidos entre sí, en la misma forma en que las secciones sucesivas del mismo campo se sienten, en realidad, unidas, formando dicho campo. Así, pues, consideramos el proceso total, que es sentido por partes y gradualmente, por un observador en el curso de su vida, como totalmente análogo en sus características temporales a aquellas cortas secciones del mismo que pueden sentirse como conjuntos durante un solo proceso de sentir.

La particular duración del Presente Lato de un observador puede muy bien considerarse como una peculiaridad suya o de su especie. Es sabido que esta duración es la misma, en condiciones normales para todas las personas. Es sabido también que es muy corta comparada con la duración de la mayor parte de los procesos que prácticamente nos interesan, pero larga comparada con los numerosos procesos —como, por ejemplo, una sola vibración de un electrón— que presentan gran importancia científica. (Naturalmente, estas afirmaciones solamente pueden ser perfecta y totalmente definidas más adelante, cuando examinemos las características temporales de los objetos y procesos físicos). Por el momento, tengamos únicamente en cuenta el hecho de que podemos fácilmente concebir Presentes Latos que son más largos que los nuestros. Podemos imaginarnos remplazados por un observador que en nada se diferencie de nosotros excapto en que su Presente Lato cubra toda su historia. Esta persona podría aún distinguir el presente del pasado y el futuro, y el pasado menos lejano del pasado más lejano. Pero al mismo tiempo que la diferencia entre el presente o el pasado y el futuro tendría tanta importancia para él como para nosotros, ya que constituye la diferencia entre algo y nada, la diferencia entre presente y pasado sería mucho menos importante para él que para nosotros. En nuestro caso, el paso de un proceso al pasado va acompañado de un cambio en la forma de cognición del mismo. Debemos efectuar esta cognición mediante memoria o indiferencia, si es que podemos efectuarla; y cuanto más se hunda en el pasado, más vago será nuestro conocimiento del mismo. Pero el hipotético observador sentiría el conjunto de su historia pasada en todo momento, por lo que tendría el mismo conocimiento de sus primeras partes como de las que acaban de producirse. Esta concepción de un observador con un Presente Lato indefinidamente largo resulta útil, ya que nos permite *concebir* todo el conjunto de nuestra historia tal y como este observador la *sentiría.*

d) Relaciones temporales neutrales

Ahora debemos abordar las relaciones temporales entre *sensa* de diferentes observadores. Llamemos al conjunto de series de campos

sensibles que un observador O siente en el curso de su historia, *historia sensible* de O. Hemos visto que, dentro de cualquier historia sensible, mediante la Abstracción Extensiva pueden definirse y atribuirse a las secciones momentáneas el tiempo que les corresponde. Ahora debemos tener en cuenta la existencia de varios observadores, cada uno con su propia historia sensible. Nuestro objetivo es examinar las relaciones temporales entre un determinado proceso en una historia sensible y un determinado proceso en otra. Empecemos por la relación fundamental de simultaneidad. Es ilustrada en su sentido más literal por *sensa* en el mismo campo; la cuestión estriba ahora en lo siguiente: hasta qué punto puede extenderse dicha relación a un par de *sensa*, uno del campo de un observador y el otro del campo de otro observador.

En primer lugar, debemos señalar una dificultad que no surgió respecto a las relaciones espaciales. Cuando analizamos en el capítulo anterior la afirmación relativa a que los *sensa* visuales de diferentes campos están «en el mismo lugar», está claro que expusimos una *definición* y no una simple *comprobación*. Esto es evidente si tenemos en cuenta lo siguiente: dos apariencias visuales distintas de un penique están *sensiblemente* presentes en diferentes lugares y *ópticamente* presentes en el mismo lugar, simultáneamente. Esto sería una contradición si la presencia óptica y sensible tuviera el mismo significado. Así, pues, cuando decimos que en tales y tales condiciones dos *sensa* visuales están ópticamente copresentes, las condiciones son parte de la definición de lo que significa «copresencia óptica». Es imposible sostener que presencia óptica significa realmente lo mismo que presencia sensible, y que las condiciones mencionadas son simplemente *demostraciones*, mediante las cuales podemos establecer que esta relación es valedera en aquellos casos en que la evidencia de conocimiento sensible directo no es factible.

Ahora bien, cuando examinamos las relaciones temporales y tratamos de formular las condiciones en que se declara que dos *sensa* integrados en historias sensibles diferentes son contemporáneos, lo que no está claro es si lo que hacemos es *definir un nuevo sentido de simultaneidad* o meramente presentar una prueba mediante la cual la simultaneidad, *en el antiguo sentido de la palabra*, puede demostrarse en aquellos casos en que no puede ser directamente sentida. Creo que el no haber podido distinguir claramente entre estas dos posibilidades ha originado una gran confusión en algunos autores y lectores de obras acerca de la Teoría de la Relatividad. Resulta mucho más plausible sostener que «simultaneidad» significa siempre lo mismo en todas sus aplicaciones, que sostener que «copresencia» significa siempre y en todo lugar lo mismo, ya que se admiten que los *sensa* pertenecientes a diferentes sentidos del mismo observador pueden ser contemporáneos recíprocamente, exactamente en la misma forma en que dos *sensa* visuales o dos *sensa* de tacto del mismo observador pueden ser contemporáneos. Por tanto, no es ni mucho menos absurdo considerar que *sensa* pertenecientes a diferentes historias sensibles puedan ser contemporáneos, del mismo modo que pueden serlo *sensa* en

la misma historia sensible. En tal caso, las condiciones en que se hallan dos *sensa* pertenecientes a diferentes historias sensibles de las que se dice son simultáneas, no define un nuevo significado de «simultaneidad», sino que expone meramente una prueba de simultaneidad, según el antiguo sentido de la palabra, que utilizamos en los casos desfavorables en que la relación no puede sentirse directamente.

La única forma de decidir entre estas dos alternativas es la siguiente: la relación de simultaneidad sensible comporta determinadas características lógicas. Por ejemplo, es transitiva, es decir, que si A la tiene respecto a B, y B la tiene respecto a C, A la tendrá necesariamente respecto a C. Si viésemos que «simultaneidad», según está demostrada por las condiciones que existen generalmente, no tuviera todas estas características lógicas, podríamos llegar a la conclusión de que se trata de un nuevo significado de «simultaneidad». Mas esto no excluiría la posibilidad de que *sensa* de diferentes historias sensibles tuviesen también una relación de simultaneidad, en el sentido original. Esto no haría sino demostrar que las condiciones establecidas no constituyen una demostración de dicha relación. Puede darse el caso de que ninguna de las condiciones en las que podemos pensar constituyan una demostración de la relación entre *sensa* pertenecientes a historias diferentes. De ser así, equivaldría a una mera idiosincrasia personal sostener que pueda existir una simultaneidad, en el sentido original, entre *sensa* pertenecientes a diferentes historias sensibles; siendo más acertado considerar las condiciones establecidas como definición de un nuevo sentido de «simultaneidad». Por el momento debemos limitarnos al punto siguiente: «¿Sobre la base de qué condiciones se mantiene que *sensa* de diferentes historias sensibles son contemporáneos?». Más adelante podemos examinar la cuestión de saber si estas condiciones son simplemente una demostración de simultaneidad, en el sentido original de la palabra, o si definen un nuevo significado de «simultaneidad». Utilizaré el término impreciso «determina», tanto en el sentido de «ser una demostración de», como en el de «ser una condición de» tal y tal.

¿Sobre la base de qué condiciones pueden dos observadores juzgar que sienten dos *sensa* contemporáneos? Ocurre a menudo que dos personas pretenden «observar *el mismo* resplandor» u «oir *el mismo* ruido». Si esto quiere decir literalmente que las dos personas sienten exacta y numéricamente el mismo *sensum* visual o auditivo, y si su declaración es cierta, al ser así interpretada, no es difícil establecer las condiciones en las que *sensa* de sus respectivas historias sensibles pueden considerarse simultáneos. Si el agudo dolor de muelas de A es sensiblemente contemporáneo con este *sensum* común, y el agudo dolor de estómago de B es también sensiblemente contemporáneo con aquél, podemos decir que el dolor de muelas de A y el dolor de estómago de B son *neutralmente* contemporáneos entre sí.

Indudablemente, bajo condiciones de esta clase, *sensa* pertenecientes a diferentes historias sensibles pueden considerarse «simultáneos». Mas no resulta tan fácil averiguar el significado exacto de estas condiciones y cerciorarnos de cuáles son las propiedades de «simultanei-

dad» así establecidas. La primera pregunta que surge es la siguiente: ¿Qué significa el común criterio de que dos observadores «oyen el mismo ruido» o «ven el mismo resplandor»? ¿Quieren decir con esto que sienten un solo *sensum* común a las historias sensibles de ambos? E, independientemente de que quieran o no quieran decir esto, ¿puede esto ser cierto? Teniendo en cuenta que las personas no suelen hacer explícitamente una distinción entre *sensa* y objetos físicos, es difícil saber si quieren decir que sienten un *sensum* visual común cuando dicen que ven el mismo resplandor. Mas no cabe duda de que, por palabras como «ver» y «oir», la gente se refiere generalmente a actos de percibir y no a actos de sentir; es probable que por «el mismo resplandor» o «el mismo ruido» quieran referirse a un *proceso físico* común, y no necesariamente a un *sensum* común. En ese caso, la sencilla interpretación que expusimos anteriormente acerca del criterio de que el dolor de muelas de A y el dolor de estómago de B son contemporáneos no puede ser aceptada, ya que necesitaríamos saber cómo determinar si dos *sensa* son contemporáneos respecto al mismo *proceso físico*, antes de poder determinar si son contemporáneos entre sí. Ahora bien, por el momento, todo lo que sabemos es lo que quiere decir que un *sensum* de un observador es simultáneo con otro *sensum* de *dicho* observador. De ahí que el determinar la simultaneidad neutral entre dos *sensa* en términos de la simultaneidad de cada uno con un proceso físico común no nos dice nada, ya que ello entraña simultaneidad en un sentido que aún no ha sido determinado.

Así, pues, preguntémonos cuál es el valor efectivo exacto del criterio relativo a que A y B oyen el mismo ruido. En primer lugar, considero oportuno señalar que nada de lo dicho hasta ahora sobre los *sensa* y los campos sensibles excluye la *posibilidad* de que un mismo *sensum* pueda encontrarse en varios campos sensibles de diferentes observadores. Un *sensum* se define como parte de un campo sensible, lo que, evidentemente, deja abierta la posibilidad de que dos o más campos sensibles, sentidos por diferentes observadores, puedan tener una parte común. En tal caso, hay *sensa* comunes a varios campos de varios observadores distintos. Queda por ver si esto es un hecho real.

Resulta bastante fácil mostrar, incluso cumpliendo determinados requisitos necesarios, que cuando varios observadores dicen que oyen el mismo ruido o que ven el mismo resplandor, esto no quiere decir que todos ellos sienten el mismo *sensum* auditivo y que todos ellos sienten el mismo *sensum* visual, ya que, como veremos un poco más adelante, es muy difícil conciliar esta opinión con todos los fenómenos. Supongamos que disparo una pistola y que varios observadores se encuentran en diferentes lugares. Todos los observadores, incluido yo mismo, sentirán un corto *sensum* auditivo y un corto *sensum* visual. Estos serán sensiblemente contemporáneos respecto a mí; para un observador que se encuentre a cierta distancia de mí, estarán sólo parcialmente sobrepuestos, empezando antes el *sensum* visual que el auditivo. Para un observador que se encuentre aún más lejos, el *sen-*

sum visual precederá completamente al auditivo, aunque ambos puedan estar en el mismo campo sensible. Por último, para un observador que se encuentre muy lejos, el *sensum* visual puede caer en un campo diferente (y anterior) al campo en que cae el *sensum* auditivo. Sin embargo, todos los observadores, al comparar sus anotaciones, dirán que oyeron el mismo ruido y que vieron el mismo fogonazo. Ahora bien, si esto significa literalmente que hay un solo *sensum* visual que todos ellos ven, y un *sensum* auditivo que todos ellos oyen, tendremos que sostener que el mismo par de *sensa* pueden ser ambos sensiblemente simultáneos, parcialmente sobrepuestos y completamente separados por el tiempo. Mas estas relaciones parecen incompatibles entre sí, por lo que nos vemos obligados a llegar a la conclusión de que cuando varios observadores dicen que ven el mismo resplandor y que oyen el mismo ruido esto no puede significar que todos ellos sienten un mismo *sensum* visual, y que todos ellos sienten un mismo *sensum* auditivo. Teóricamente sería posible interpretar *uno* de estos criterios (por ejemplo, que todos vieron el mismo resplandor) en esta forma literal, siempre que no interpretásemos el otro (o sea, que todos oyeron el mismo ruido), literalmente. Pero, incluso sin tener en cuenta los hechos adicionales que han conducido a los físicos a atribuir una velocidad finita a la luz, así como al sonido, tal procedimiento difícilmente resultaría razonable. Si *por lo menos* uno de los criterios según el cual todos oímos el mismo sonido y todos vemos el mismo resplandor *debe* interpretarse en una forma pickwickiana, difícilmente podemos suponer que el otro pueda interpretarse literalmente.

¿Puede uno eludir la consecuencia de que oir el mismo sonido y ver el mismo resplandor no debe implicar que varios observadores sienten literalmente un solo *sensum* visual y un solo *sensum* auditivo? Que yo sepa, existen por lo menos dos alternativas mediante las cuales es posible eludir dicha conclusión. Una de ellas consistiría en sostener que los *sensa* pueden sentirse en diferentes momentos después de haber dejado de perdurar, y que cuanto más alejada está una persona de la fuente del sonido, mayor es la separación entre su acto de sentir y el final del *sensum* auditivo que siente. Mas no considero esta alternativa como satisfactoria, por las razones que ya he expuesto anteriormente en este capítulo, cuando traté de justificar el punto de vista según el cual el comienzo de un proceso de sentir, durante el cual es sentido un proceso finito, es contemporáneo del final de dicho proceso.

La segunda alternativa reviste mucha mayor importancia. Consiste en adoptar el acostumbrado expediente, ya considerado como útil cuando dos entidades parecen tener relaciones recíprocas incompatibles. Este expediente consiste en asumir que lo que ha sido considerado como una relación diada entre dos entidades es, en realidad, irreductiblemente poliada, y comporta algún otro término o términos, además de las dos entidades en cuestión. Es indudable que el mismo par de *sensa* no pueden ser simultáneos, estar parcialmente sobrepuestos y completamente separados, *respecto a la historia sensible de un solo observador.* Pero supongamos que este par de *sensa* pertenece a las historias sen-

sibles de varios observadores, y que las relaciones temporales en cuestión son en realidad, irreductiblemente triadas. Supongamos que el mínimo criterio inteligible que puede formularse sobre las relaciones temporales de dos *sensa* en una historia sensible tiene la forma «s_1 es contemporáneo de s_2 (o está parcialmente sobrepuesto sobre aquél, o le sucede completamente, según sea el caso), respecto a la historia sensible de h». En tal caso, no tiene que haber necesariamente contradicción en el hecho de que el mismo par de *sensa* sean contemporáneos respecto a una historia sensible, que estén parcialmente sobrepuestos respecto a otra y completamente separados respecto a una tercera historia sensible. De este modo, vemos que nuestro argumento basado en los hechos referentes al sonido no demuestra, en definitiva, que cuando varios observadores dicen que todos ellos oyen el mismo sonido y ven el mismo resplandor, no puedan todos sentir exactamente el mismo *sensum* auditivo y exactamente el mismo *sensum* visual. No obstante, dicho argumento nos obliga a adoptar una de las dos alternativas. O bien esta conclusión es aceptada, o, por el contrario, debemos abandonar la noción del sentido común de que las relaciones temporales entre los *sensa* en la misma historia sensible son diadas, debiendo ser sustituida por la opinión de que son por lo menos triadas, y que el tercer término que siempre entrañan es una historia sensible en que están contenidos ambos *sensa*.

¿Existe alguna forma mediante la cual pueda decidirse entre estas dos alternativas? Podemos, por lo menos, mostrar que la segunda alternativa no podría sostenerse de por sí, sino que necesita formar parte de una teoría de Relación Múltiple general sobre las apariencias sensibles. Los diferentes observadores que figuran en mi ejemplo no sienten todos los *sensa* auditivos exactamente iguales en cualidad. Tanto los *sensa* auditivos como los *sensa* visuales que son sentidos por observadores que se encuentran muy lejos, son mucho más tenues que aquellos sentidos por mí y por los observadores que se encuentran más próximos a mí. Ahora bien, según la teoría del *sensum*, los *sensa* tienen todas las cualidades que parecen tener. Lo que en realidad es diferente en cualidad no puede ser idéntico numéricamente; de ahí que un *sensum* tenue no pueda ser el mismo *sensum* que uno fuerte, por muy parecidos que puedan ser en otros aspectos. Este argumento no sería deciviso en una teoría de Relación Múltiple sobre la apariencia sensible, ya que según dicha teoría, los *sensa* no tienen que tener necesariamente las cualidades que perecen tener. Mas en este libro hago caso omiso de las teorías de Relación Múltiple sobre las apariencias sensibles, con el fin de comprobar las teorías del *Sensum*, lo mismo que el cardenal Newman comprobó los Treinta y nueve Artículos para ver cuánta Verdad Católica podían contener. Me siento tan indiferente como él respecto a la posibilidad de que el sujeto de mi experimento se haga añicos antes del final del proceso, puesto que los resultados negativos son a menudo tan valiosos como los positivos. Por consiguiente, puede llegarse a la conclusión de que, según la teoría del *Sensum* sobre la apariencia sensible, no puede ser cierto que cuando varios

observadores ven el mismo resplandor u oyen el mismo ruido, sienten literalmente un solo *sensum* visual o auditivo común a todos ellos.

Sobre la base de cualquiera de estas dos alternativas, la determinación de simultaneidad neutral entre el dolor de muelas de A y el dolor de estómago de B resultará una empresa mucho más difícil de lo que sería si los hechos sobre el sonido (y, como veremos más adelante, sobre la luz) fueran diferentes. Si lo que llamamos el mismo ruido es, en realidad, un *grupo* de *sensa* auditivos, la simultaneidad del dolor de muelas de A o del dolor de estómago de B con este ruido quiere decir simplemente que el primero es sensiblemente contemporáneo de un determinado *sensum* auditivo sentido por A, y el segundo es sensiblemente contemporáneo de un *sensum* auditivo diferente sentido por B. Es cierto que estos dos *sensa* auditivos son ambos miembros de un grupo de *sensa* vinculados de tal modo entre sí que el conjunto es llamado un ruido. Pero no es en modo alguno evidente que esta relación bastante indirecta entre el dolor de muelas de A y el dolor de estómago de B tenga la clase de propiedades requeridas para poder afirmar su simultaneidad. La misma dificultad surge si suponemos que sólo existe literalmente un *sensum* auditivo, sentido tanto por A como por B, y que la relación de simultaneidad sensible es triada. El hecho de que el dolor de muelas de A sea contemporáneo de un determinado *sensum* auditivo de la historia sensible de A, y que el dolor de estómago de B sea contemporáneo del mismo *sensum* auditivo de la historia sensible de B, constituye, sin duda, una relación entre el dolor de muelas y el dolor de estómago. Mas no parece existir razón particular alguna para suponer que esta relación tenga la clase de propiedades que requiere la simultaneidad.

Imaginémonos, en primer lugar, un grupo de observadores que traten de determinar la simultaneidad neutral sólo mediante el sonido. No los supondremos ciegos, pero sí supondremos que carecen de medios para producir resplandores, tanto prendiendo fuego a materias combustibles como abriendo y cerrando postigos opacos. Algunos de ellos oyen lo que llaman el mismo ruido. Todos ellos sienten *sensa* breves que se destacan. Estos son muy parecidos en cualidad y están vinculados en un centro común, según la descripción hecha en el capítulo anterior. Coinciden en que cualquier par de *sensa* pertenecientes a las historias sensibles de diferentes observadores serán neutralmente simultáneos, siempre que uno de ellos sea sensiblemente contemporáneo de un miembro de tal grupo de *sensa* auditivos y el otro sensiblemente contemporáneo de un miembro del mismo grupo de *sensa* auditivos. ¿Qué propiedades poseerá la simultaneidad neutral, así determinada?

En primer lugar, es necesario extender un poco esta manera de determinar la simultaneidad neutral, con objeto de examinar los diversos *sensa* auditivos que constituyen un solo ruido. Si reconocemos que tienen *algunas* relaciones temporales entre sí debemos suponer que todos ellos son neutralmente *contemporáneos*, pues de lo contrario nos encontraremos ante varias dificultades. Supongamos que dos *sensa* cualesquiera, s_1 y s_2, pertenecientes a diferentes historias sensibles, sean neutralmente contemporáneos, según lo determina el método que

nos ocupa. Esto quiere decir que s_1 es sensiblemente contemporáneo de un *sensum* auditivo y que s_2 es sensiblemente contemporáneo de otro *sensum* auditivo, y que estos dos *sensa* auditivos pertenecen a un solo ruido. Ahora bien, a menos de sostener que los dos *sensa* auditivos en cuestión son neutralmente contemporáneos entre sí, tendremos que admitir que dos *sensa* neutralmente contemporáneos pueden ser sensiblemente simultáneos con dos *sensa* auditivos que son neutralmente sucesivos entre sí, respectivamente. Mas esto no coincide con la opinión de relaciones temporales neutrales como prolongación consecuente de las relaciones temporales sensibles existentes entre *sensa* en la misma historia sensible. Por tanto, debemos determinar la simultaneidad neutral, según el actual método, como sigue: dos *sensa* en diferentes historias sensibles son neutralmente contemporáneos si: *a)* Son dos *sensa* auditivos pertenecientes al mismo ruido; o *b)* Son sensiblemente simultáneos con dos *sensa* auditivos pertenecientes al mismo ruido, respectivamente. ¿Resulta satisfactoria esta forma de determinación?

Supongamos que A y B son dos observadores a quienes separa una distancia considerable, y supongamos que cerca de A hay una campana y cerca de B otra campana. Supongamos que las campanadas de ambas son oídas por ambos observadores. Las llamaremos «la campana de A» y «la campana de B», respectivamente. Supongamos que la campana de A tañe y que B oye el ruido. Puede ocurrir que la campana de B tañe en un momento tal que B oye su campanada al mismo tiempo que oye la campanada de la de A. En ese caso, A oirá esta campanada de la campana de B sensiblemente más tarde que la campanada de su propia campana. Llamemos a_A al *sensum* de A de la campanada de la campana de A, al *sensum* de A de la campanada de la campana de B, llamémosle a_B, al *sensum* de B de la campanada de la campana de A, b_B, y al *sensum* de B de la campanada de la campana de B, b_B. Por definición, tendremos:

1) a_A es neutralmente contemporáneo de b_A;
2) a_B es neutralmente contemporáneo de b_B;

y, por los términos del experimento, tenemos:

3) b_B es sensiblemente contemporáneo de b_A.

En estas circunstancias veríamos que:

4) a_B es sensiblemente posterior a a_A.

Ahora bien, si la simultaneidad neutral no es más que una aplicación prolongada de simultaneidad sensible, es de suponer que 2) y 3) implicarían juntos que a_B es neutralmente contemporáneo de b_A. Combinando esto con 1), veríamos que a_A y a_B son sensiblemente simultáneos. Mas esto contradice el hecho expuesto en 4). En realidad, si determinamos la simultaneidad neutral de esta forma, nos encontraremos con que dos *sensa* en la misma historia sensible pueden ser neutralmente simultáneos respecto a dos *sensa* en otra historia sensible, que a su vez son sensiblemente simultáneos entre sí; y, no obstante, el primer par de *sensa* no son sensiblemente simultáneos entre sí, sino sensiblemente sucesivos. Así, pues, la simultaneidad neutral, determinada por este método, no puede ser una mera prolonga-

ción de simultaneidad sensible. Esto sólo puede superarse admitiendo que cuando dos personas «oyen el mismo ruido», el *sensum* auditivo del que se encuentra más cerca de la fuente es neutralmente anterior al *sensum* del que se encuentra más alejado de aquélla. Pero, en cuanto admitimos esto, hemos renunciado a la determinación puramente auditiva de la simultaneidad neutral, ya que no podemos determinar en términos puramente auditivos las relaciones temporales neutrales entre *sensa* auditivos pertenecientes «al mismo ruido». Nos vemos obligados a introducir mediciones espaciales y la noción de influencias que hacen un recorrido desde la fuente a una velocidad finita. La estrecha ligazón entre Espacio y Tiempo se hace aquí evidente, como en tantísimos otros lugares.

Así vemos que si los observadores sólo tratan de determinar las relaciones temporales neutrales mediante el sonido, se ven obligados a aceptar la opinión según la cual lo que llaman el mismo ruido es un grupo de *sensa* auditivos de diferentes tiempos neutrales; y que estos tiempos dependen de la distancia entre el observador que siente un *sensum* del grupo y la fuente de donde parte el ruido. Se advirtió este hecho hace tiempo en lo que respecta al sonido, y por las razones siguientes: 1) El sonido efectúa su recorrido tan despacio que las dificultades expuestas anteriormente son completamente evidentes para unos observadores corrientes que se encuntran a distancias razonables, sin necesidad de aparatos complicados. 2) Los sonidos, como hemos visto, no se consideran confinados a un volumen central, sino situados en todo el espacio que rodea su fuente. Se considera que cada observador siente la parte particular de este campo físico de sonido que está «donde él se encuentra en dicho momento». Es, por tanto, bastante natural considerar que este campo físico hace un recorrido desde el centro, llegando a los diferentes observadores en diferentes momentos. 3) Además, el fenómenos de los ecos hace evidente para todo el mundo la noción de la velocidad del sonido. Un eco es cualitativamente muy parecido al sonido original con el que está evidentemente relacionado. Mas, por regla general, está separado de él por un claro intervalo sensible. Esto indica, naturalmente, que existe algo que hace un recorrido desde el observador hasta una pared (por ejemplo), y que luego vuelve al observador. 4) Por último, nosotros no somos como los observadores del ejemplo. Nosotros podemos producir resplandores mediante diversos medios, según nuestro deseo. Ahora bien, si varios observadores consideran dos *sensa* como neutralmente contemporáneos entre sí, cuando cada uno es sensiblemente contemporáneo del mismo resplandor que todos ellos ven, no se encontrarán, en la vida corriente, ante dificultades como las que tienen que afrontar observadores que tratan de definir la simultaneidad neutral mediante el sonido. Pero, si hacen esto, se verán obligados a reconocer que los diversos *sensa* auditivos que sienten cuando dicen que todos ellos oyen el mismo ruido no son contemporáneos. En realidad, la velocidad del sonido se mide generalmente mediante una combinación de señales visuales y señales auditivas.

La cuestión que lógicamente debemos plantearnos después es la

de determinar la simultaneidad neutral entre dos *sensa* en diferentes historias sensibles, como la relación entre los dos cuando cada uno es sensiblemente contemporáneo de algún *sensum* del grupo que constituye un solo resplandor. Si adoptamos este método, tendremos que empezar por extenderlo poco en la misma dirección, y por las mismas razones por las que extendemos el método auditivo para determinar la simultaneidad neutral. Es decir, que tendremos que partir de la suposición de que dos *sensa* visuales pertenecientes al mismo resplandor son neutralmente contemporáneos, o, por el contrario, tendremos que afrontar muchas dificultades. Por tanto, podemos dar como definición visual de la simultaneidad neutral la siguiente fórmula: dos *sensa*, pertenecientes a diferentes historias sensibles, son neutralmente contemporáneos, si 1) Son dos *sensa* visuales de un grupo que constituye un solo resplandor, o 2) Son sensiblemente simultáneos respecto a dos *sensa* visuales pertenecientes a dicho grupo.

No cabe duda de que ésta es la forma de determinar la simultaneidad neutral, con la que todos trabajamos en la práctica, excepto en casos científicos extremadamente delicados o en casos en que se trata de distancias de magnitud astronómica. No obstante, todos sabemos que ningún científico aceptaría en última instancia esta forma como satisfactoria. Señalaría los hechos que, según se alega, demuestran que la luz hace un recorrido a una velocidad finita, como objeción decisiva respecto a dicha definición. El aserto de que la luz hace un recorrido a una velocidad finita implica, *inter alia*, que existe un sentido extremadamente importante en el que los diversos *sensa* de observadores que ven el mismo resplandor desde diferentes lugares no son simultáneos, sino sucesivos. Por tanto, la anterior definición de simultaneidad neutral no es satisfactoria, porque nos lleva a llamar simultáneos a *sensa* que en un sentido muy importante, si bien aún no definido, son sucesivos.

Examinemos, pues, esta definición y los hechos que, según se afirma, hacen que sea inadecuada. En primer lugar, dos cosas deben señalarse en su favor: no es circular y no contradice *directamente* nuestros criterios sobre las relaciones temporales neutrales, como ocurrió en el caso de la definición auditiva. Naturalmente, sería circular si no pudiéramos definir lo que queremos decir por «el mismo resplandor» sin introducir relaciones temporales entre *sensa* en diferentes historias sensibles. Pero podemos definir «el mismo resplandor» prescindiendo de esto. Puede decirse que varios observadores ven el mismo resplandor cuando se cumplen las siguientes condiciones: 1) Cada uno tiene conocimiento de un *solo sensum* visual que destaca y que tiene una duración muy corta. 2) Todos están ópticamente copresentes en un centro común, en el sentido definido en el capítulo anterior. (La primera condición parece suficiente para asegurar que todos nos referimos a un solo resplandor, y que diferentes observadores no ven resplandores parecidos, sino sucesivos, ya que si se transmitieran resplandores sucesivos, algunos de los observadores, por lo menos sentirían dos o más *sensa* cualitativamente parecidos que fueson sensiblemente sucesivos.)

Además, no hay nada en nuestras experiencias-luz que corresponda al caso que aducimos de dos observadores que se encuentran el uno lejos del otro y que oyen dos campanas, encontrando uno de ellos sus *sensa* sensiblemente contemporáneos y el otro encontrando los *sensa* auditivos pertenecientes a los dos ruidos, sensiblemente sucesivos. Sólo podemos tratar con pares de observadores separados por distancias de unas cuantas millas; con estas distancias no existe contradicción alguna entre relaciones temporales sensibles y relaciones temporales neutrales, determinadas por señales luminosas.

Es, por tanto, posible determinar visualmente la simultaneidad neutral sin caer en un caso de circularidad y sin que ello esté en contradicción con cualquier afirmación sobre la simultaneidad sensible que podamos formular. La contradicción se produce con los hechos que demuestran que la luz tiene una velocidad finita. ¿Cuáles son estos hechos y qué demuestran? Cuando la gente dice que la luz hace un recorrido a una velocidad finita esto quiere decir que algún cambio se mueve desde un centro alejado hacia el observador y que el *sensum* visual de éste empieza en cuanto le llega este cambio, continuando hasta que deja de llegarle. Un solo resplandor quiere decir, para ellos, un solo proceso en la fuente (por ejemplo, abrir un postigo) y el cambio que hace un recorrido desde aquélla. Examinemos los hechos y argumentos que lo demuestran. Tomemos tres ejemplos típicos: el experimento de Fizeau, con una rueda dentada que gira y un espejo; el argumento de Römer, basado sobre los intervalos de tiempo que aparentemente transcurren entre sucesivos eclipses de un satélite de Júpiter; y el argumento de Bradley, basado sobre el cambio de las posiciones aparentes de las estrellas. El orden de estos tres argumentos corresponde a su grado de sencillez. El primero mantiene la fuente y el observador relativamente inmóviles durante todo el tiempo, y consiste literalmente en producir «ecos luminosos» mostrando que existe un intervalo de tiempo entre aquéllos y la iluminación de los que son los «ecos». El segundo se basa en el hecho de que un observador y una determinada fuente se encuentran separados por diferentes distancias en diferentes épocas del año. El último depende de la *velocidad* relativa de fuente y observador, y pertenece más bien al tema del capítulo siguiente que a los temas que tratamos en éste. Formularé lo más brevemente posible los hechos en que se basan estos argumentos, a fin de poder ver exactamente qué es lo que dan por supuesto y cuáles son sus respectivas conclusiones.

1) Experimento de Fizeau

La luz es transmitida a través de un agujero, en frente del cual hay una rueda dentada. Cuando uno de los dientes de la rueda se encuentran frente al agujero, la luz no puede pasar; de otro modo sí puede. La luz hace un recorrido considerable y luego es reflejada de nuevo a lo largo de su antigua trayectoria, y la imagen se capta detrás de la rueda dentada. Si el paso de la luz entre la fuente y el

espejo y su recorrido hacia atrás es instantáneo, la imagen será visible, independientemente de la velocidad a que dé vueltas la rueda dentada; puesto que si no ha transcurrido tiempo alguno la rueda dentada no puede haberse movido distancia alguna desde que la iluminación salió de ella y antes de que la luz volviera a ella. Por tanto, el agujero no puede haberse cerrado, mientras tanto, por la rotación de la rueda. Mas, si transcurre cualquier tiempo finito entre la salida y la vuelta de la luz, es posible remplazar el agujero original por el diente siguiente, en el momento en que vuelve la luz, siempre que la rueda se haya movido lo suficientemente de prisa. En ese caso, no podrá verse la imagen. Si la velocidad de la rueda se acelera lo suficientemente, la imagen deberá verse de nuevo, ya que la rueda habrá girado hasta tal punto durante el tiempo que tarda en pasar la luz, que el siguiente agujero estará en posición de admitir el rayo de luz cuando ésta vuelve. Se ha visto que se puede hacer desaparecer la imagen haciendo girar la rueda lo suficientemente de prisa; que se la puede hacer reaparecer girando la rueda aún más de prisa, y que la rueda necesita girar cada vez más de prisa cuanto más próximo está el espejo de la fuente, con objeto de que la imagen desaparezca. Todos estos fenómenos son los que lógicamente se producen si el *sensum* reflejado depende del paso de algo a una velocidad finita desde la fuente al espejo, y del espejo al observador, y que comienza cuando este algo llega al ojo del observador y no termina hasta que cesa de llegar al ojo del observador.

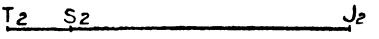
Está claro que el resultado del experimento no conduce *directamente* al tema de las relaciones temporales neutrales entre dos *sensa* de observadores que ven el mismo resplandor, ya que, en ralidad, se trata de un solo *sensum* (la imagen reflejada) de un solo observador. Su relación, no obstante, es la siguiente: se dice que el resultado del experimento muestra que cualquier *sensum* visual empieza cuando algo que ha salido de la fuente llega al observador, y que este algo tarda un tiempo finito en realizar su recorrido. Los diversos *sensa* visuales que juntos constituyen un solo resplandor son sencillamente aquellos *sensa* que empiezan a ser sentidos por varios observadores cuando algo que salió de la fuente, en un momento determinado, llega a ellos. Si los observadores se encuentran a diferentes distancias de la fuente, sus diversos *sensa* estarán correlacionados con diferentes etapas de este proceso de transmisión. De ahí que exista un importante sentido en el que lo que se llama un solo resplandor está constituido por un grupo de *sensa sucesivos*. Por tanto, no resulta razonable determinar la simultaneidad neutral en esta forma, ya que todos los *sensa* en un solo resplandor tendrían que ser considerados como neutralmente simultáneos.

Así, pues, un solo resplandor es considerado como un grupo de *sensa* sucesivos, porque diferentes *sensa* en el grupo están correlacionados con diferentes etapas de un determinado proceso de transmisión desde la fuente del Espacio circundante.

2) ARGUMENTO DE RÖMER

La Tierra y el planeta Júpiter giran alrededor del Sol aproximadamente en el mismo plano y en círculos. Júpiter tiene una órbita mucho mayor que la Tierra, y tarda mucho más en completarla. Así, pues, en determinadas épocas, la posición de ambos es la siguiente:

y en otras épocas,



La primera se llama conjunción y la segunda oposición.

Júpiter tiene satélites que giran alrededor de él. lo mismo que la Luna gira alrededor de la Tierra. Cuando un satélite se coloca en la sombra del lado de Júpiter más alejado del Sol, dicho satélite está eclipsado y no podemos verlo. Se ha averiguado que el número de eclipses que se producen entre una conjunción y la siguiente oposición es equivalente al número de eclipses que se producen entre una oposición y la siguiente conjunción. Mas existe una marcada diferencia (unos treinta y tres minutos) entre los intervalos de tiempo totales que transcurren desde el primero hasta el último de estos eclipses, en ambos casos.

El eclipse de un satélite puede compararse con el cierre de un postigo. El movimiento de la Tierra hace que el observador que está sobre ella se encuentre a diferentes distancias de este postigo en diferentes épocas del año. El observador se encuentra más cerca del postigo en el momento de la conjunción que de la oposición, cuya diferencia es equivalente a todo el diámetro de la órbita de la Tierra. Si suponemos que el *sensum* visual cesa de perdurar en cuanto se cierra el postigo, sólo podemos explicar los hechos suponiendo un cambio periódico en el tiempo de la revolución del satélite. Esto sería extremadamente difícil que cuadrara con los hechos que nos proporcionan las leyes de la Mecánica y las fuerzas que actúan sobre los satélites. No obstante, si suponemos que el objeto sensible visual que perdura después que el postigo ha sido cerrado, durante un tiempo que aumenta con la distancia entre el postigo y el observador, puede explicarse plenamente la divergencia de treinta y tres minutos, sin tener que suponer que el tiempo periódico del satélite cambia a medida que Júpiter avanza en su órbita. El intervalo de tiempo entre un eclipse y el cese del correspondiente objeto sensible visual, que es necesario tener en cuenta para poder explicar la diferencia de treinta y tres minutos, puede calcularse fácilmente; y, si se conoce el radio de la órbita de la Tierra, puede determinarse la velocidad de la luz. Se sabe que es aproximadamente la misma que la que se

deduce del experimento de Fizeau. Así, pues, vemos que no existe complicación alguna respecto a las imágenes en los espejos; tenemos simplemente una fuente y un observador que están separados por distancias diferentes, en diferentes épocas del año.

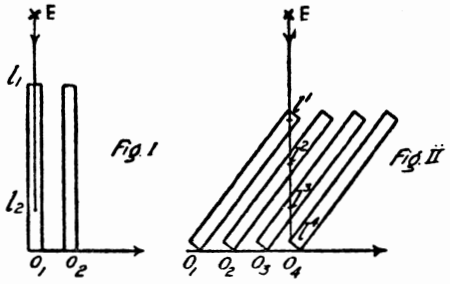
De nuevo el resultado del argumento no está directamente relacionado con la cuestión de saber si es conveniente determinar la simultaneidad neutral de tal forma que los diversos *sensa* que constituyen un solo resplandor sean todos neutralmente contemporáneos. No nos referimos a dos observadores que ven un solo resplandor, sino a un solo observador que ve tres resplandores diferentes (si es que un eclipse puede llamarse un resplandor), en momentos completamente diferentes de su historia. Existe, sin embargo, una relación indirecta. El argumento parte del principio de que, o bien deben abandonarse determinadas leyes del movimiento sólidamente establecidas, o suponer que la aparición de *sensa* visuales depende del movimientos de algo que parte de la fuente y se dirige hacia el observador. El objeto sensible visual dura mientras este algo se encuentra con el ojo, independientemente de lo que pueda haber ocurrido a la fuente mientras tanto. Basándonos en esta suposición, pueden explicarse los hechos sin abandonar las conocidas leyes del movimiento. Pero, como antes, si partimos de esta suposición, debemos suponer que lo que llamamos un solo resplandor es un grupo de *sensa* correlacionados con diversas etapas del proceso de transmisión de este algo. Y, sobre la base de esta suposición, resulta poco satisfactorio determinar la simultaneidad neutral mediante un método que presupone que varios *sensa* pertenecientes a un solo resplandor son neutralmente simultáneos.

3) Argumento de la Aberración

Se ha visto que si las estrellas son observadas noche tras noche, sus posiciones aparentes son objeto de un cambio periódico. Cada una describe una estrecha curva en el transcurso de un año. Ahora bien, la posición aparente de una estrella es, naturalmente, el lugar óptico del *sensum* visual que es para nosotros la apariencia de la estrella. La dirección de este lugar está determinada por la dirección en que tenemos que situar nuestro telescopio para colocar este *sensum* visual en el centro de nuestro campo visual. Podemos, indudablemente, suponer que todas las estrellas describen curvas cerradas en el tiempo que tarda la Tierra en completar su órbita en torno al Sol. Mas éste sería un estado de cosas realmente extraordinario, y que no estamos precisamente dispuestos a aceptar. Lo importante es que los fenómenos pueden explicarse fácilmente partiendo de la misma suposición de antes sobre la luz.

Supongamos que E es una estrella, y que la línea OO representa el recorrido de un observador en movimiento con un telescopio. En el primer diagrama supondremos que dirige su telescopio al lugar físico de la estrella. En un momento determinado supongamos que su posi-

ción es O, y que la luz de la estrella ha llegado a l_1, un punto en el centro del extremo de su telescopio. Un poco más tarde, supongamos que su posición es O_1. Entonces la luz habrá llegado a l_2 en su línea recta original, y ya no pasará por su telescopio. Está claro que si el observador dirige su telescopio al lugar *físico* de la estrella no verá la estrella. Supongamos ahora que empuja hacia adelante el telescopio a distancias adecuadas, en dirección de su movimiento. Supon-



gamos que O_1, O_2, O_3 y O_4 representan cuatro posiciones sucesivas del telescopio, y que l_1, l_2, l_3 y l_4 representan las cuatro posiciones correspondientes de la luz emitida por la estrella. El diagrama ilustra claramente que la luz pasará a lo largo del telescopio hasta llegar a su ojo, siempre que incline el telescopio hacia adelante formando un ángulo con el trayecto de la luz, cuya tangente es c/v, siendo c la velocidad de la luz y v la velocidad del observador. Ahora bien, un observador situado sobre la Tierra se mueve con ella en el curso de un año en torno a una estrecha curva —la órbita de la Tierra— a una velocidad considerable. Resulta, pues, fácil comprender que si bien el lugar físico de una estrella es constante, los lugares ópticos de los *sensa* mediante los cuales obtenemos la apariencia de la estrella variará en el curso del año, repitiendo sus variaciones una y otra vez durante dicho período. La velocidad de la luz puede calcularse fácilmente basándose en la velocidad de la Tierra en su órbita y la cantidad de aberración de una estrella. El resultado es el mismo, dentro de los límites del error experimental, que el del argumento de Römer y del método de Fizeau.

Este argumento entraña para nosotros un interés particular, no sólo en relación con la cuestión del tiempo neutral, sino también para reforzar la distinción ya efectuada sobre otra base entre lugares ocupados física y ópticamente. Introducimos en principio esta distinción a causa de los hechos que se ponen de manifiesto cuando el medio que rodea a un observador no es homogéneo. Ahora podemos ver que el lugar óptico de una apariencia visual y el lugar físico de su fuente pueden ser diferentes, incluso cuando el medio es homogéneo, si la fuente y el observador están en movimiento relativo.

Veamos ahora lo que estos argumentos nos enseñan:

1) Como hemos visto, tres argumentos extremadamente diferentes conducen a la conclusión de que los *sensa* visuales están relacio-

nados con algo que es transmitido desde una fuente a un observador, a una velocidad finita. Y todos estos argumentos conducen aproximadamente al mismo valor numérico de esta velocidad. Ahora bien, en cada uno de estos tres casos los fenómenos podían sin duda haberse explicado prescindiendo de esta opinión particular sobre la luz, siempre que partiéramos de otra suposición. Mas, en primer lugar, cada una de estas suposiciones estaría en contradicción con una ley de la Naturaleza, firmemente establecida en otros casos. Y, en segundo lugar, estas suposiciones no mantendrían relación alguna entre sí; cada una sería una pieza independiente del «aderezo». Por otra parte, una sola suposición relativa a la naturaleza de la luz explica todos estos diferentes fenómenos, conciliándolos con las leyes naturales ya establecidas, con las que de otro modo estarían en contradicción. Por consiguiente, la hipótesis en cuestión es establecida sobre una base tan sólida como la de cualquier hipótesis científica. Quizá se piense que he profundizado este punto sin necesidad; pero he insistido deliberadamente sobre él porque sé que algunos eminentes filósofos «realistas», al considerar que la velocidad finita de la luz «mancha el resplandor» de sus teorías sobre la percepción, tienden en privado a negarlo, o, por lo menos, a «maldecir con tenue encomio y asentir con cortés recelo».

2) Observemos que la velocidad finita de la luz nunca es demostrada *directamente*, sino siempre mediante el argumento de que, de no ser cierta, determinados fenómenos observables no podrían conciliarse con leyes plenamente demostradas sobre el *movimiento de la materia*. La única forma directa de comprobar esta proposición sería de colocar a dos observadores, lejos en uno del orto, que ven el mismo resplandor comprueban que sus respectivos *sensa* visuales no han sido contemporáneos. Pero cualquier experimento de este tipo comporta una dificultad tanto práctica como teórica. La dificultad teórica es la siguiente. Los dos observadores tendrán que disponer de algún medio para marcar, a fin de poder comparar los tiempos de sus respectivos *sensa*. Supongamos que el medio de que disponen son dos cronómetros. Esto no serviría para nada, a menos que tuvieran razones para suponer que ambos cronómetros coincidieran en la hora y funcionaran a la misma velocidad. Naturalmente, podrían sincronizarlos al estar juntos, pero ¿qué garantía podrían tener de que seguirían sincronizados al estar uno lejos del otro? *Suponer* que lo estarían constituye una suposición rechazada por experiencias ampliamente demostradas. La *comprobación* de su sincronismo, una vez separados, sólo puede efectuarse mediante señales luminosas o eléctricas; e, indudablemente, es caer en un círculo vicioso el sincronizar dos relojes mediante señales luminosas para luego utilizarlos para comprobar si dos *sensa* visuales pertenecientes al mismo resplandor son contemporáneos o sucesivos. La única salida a esta dificultad sería que los dos observadores pudieran observar un determinado par de resplandores, y que uno de ellos encontrara que sus dos *sensa* visuales habían sido sensiblemente simultáneos, y el otro encontrar que sus dos *sensa* visuales habían sido sensiblemente sucesivos. Pero, en la práctica, esto es irrea-

lizable por la gran velocidad de la luz y porque los únicos observadores que pueden comparar sus anotaciones no pueden encontrarse más que sobre la superficie de la Tierra. Para mí es evidente que la simultaneidad neutral de *sensa* visuales pertenecientes al mismo resplandor es rechazada total y únicamente porque están en contradicción con otro sistema que atribuye los tiempos correspondientes, el cual depende de determinadas leyes del movimiento que ya se han mencionado.

3) Cierto es que si aceptamos la opinión de que los diversos *sensa* pertenecientes al mismo resplandor no son neutralmente simultáneos, tendremos que admitir, o bien que dos *sensa* que *parecen* simultáneos en realidad no lo son, o que dos *sensa* que son neutralmente sucesivos puedan ser sensiblemente simultáneos. La segunda alternativa no permitiría que las relaciones temporales neutrales fueran prolongaciones consecuentes de relaciones temporales sensibles, por lo que no la utilizaremos, a menos que nos veamos obligados a ello. No hay nada en la teoría del *Sensum* sobre la apariencia sensible que nos obligue a adoptar la segunda alternativa. Un *sensum* perteneciente a un resplandor determinado y un *sensum* perteneciente a un resplandor reflejado no parecen sensiblemente simultáneos. Si aceptamos la teoría física sobre la luz, el segundo *sensum* será neutralmente algo posterior al primero. Pero la simultaneidad sensible de los dos *sensa* sólo significa que cada uno está exactamente sobrepuesto al otro en su común campo visual. Ahora bien, la noción de exactitud siempre comporta un factor negativo; significa que *ninguna* parte de un *sensum* sobresale de los límites del otro. Y, como hemos visto, al abordar la teoría general de los *sensa*, no existe razón alguna por la que criterios *negativos* sobre los *sensa* deban ser infalibles. Así, pues, dos *sensa* pueden parecer a menudo sensiblemente simultáneos, cuando, en realidad, uno empieza un poco más tarde y termina un poco más tarde que el otro.

Así vemos que la cuestión de un tiempo neutral de los procesos en diferentes historias sensibles conduce inevitablemente a la cuestión del movimiento, tanto si se trata de la transmisión de los cambios relacionados con el sonido y la luz, como del movimiento de objetos físicos corrientes a través del Espacio. Por consiguiente, la separación de Espacio y Tiempo, de la que partimos, y la cual se ha ido reduciendo cada vez más a medida que el argumento progresaba, ahora ha desaparecido por completo. Esto no quiere decir que no exista diferencia alguna entre las relaciones temporales y espaciales; quiere decir que es imposible aplicar a la Naturaleza el concepto de un solo Espacio sin hacer referencia al Tiempo a través del Movimiento, y que es igualmente imposible atribuir los tiempos que corresponden a los procesos de la Naturaleza en un solo Tiempo sin hacer referencia al Espacio a través del Movimiento. Y esto, como se observará, es uno de los aspectos característicos de la Teoría de la Relatividad.

Resumiendo: si queremos determinar las relaciones temporales neutrales entre un proceso que está en mi historia sensible, pero no en la de otra persona, y un proceso que está en la historia sensible

de otra persona, pero no en la mía, la única forma posible de hacerlo será encontrar algo común a las historias sensibles de ambos y determinar las relaciones temporales neutrales entre los dos procesos «privados» mediante sus respectivas relaciones sensibles con este proceso «público». A primera vista esto parece muy sencillo, puesto que existen procesos, como ruidos y resplandores, que se consideran «públicos», del mismo modo que no son considerados como tales un dolor de muelas o un dolor de cabeza. Si fuera realmente cierto que cuando decimos que «oímos el mismo ruido» o que «vemos el mismo resplandor», existe un solo *sensum* auditivo o visual en todas nuestras historias sensibles, resultaría fácil determinar de esta forma la simultaneidad neutral. Y, puesto que tendría las mismas propiedades lógicas que la simultaneidad sensible, sería razonable sostener que se trata de la misma relación, y que el propuesto método de determinación es simplemente una *comprobación* y no una *definición* de una nueva clase de relación. Pero, aunque no es *lógicamente* imposible sostener que un solo *sensum* pueda estar en varias historias sensibles diferentes, una observación más detenida de los fenómenos hace imposible creer que un ruido o un resplandor puedan ser en un solo *sensum*. Parece incluso imposible sostener que sea un grupo de *sensa contemporáneo*. Por tanto, tales métodos de determinación, si bien son útiles desde el punto de vista práctico, no resultan teóricamente satisfactorios por la gran velocidad de los sonidos y de la luz.

CARACTERISTICAS TEMPORALES DE LOS PROCESOS FISICOS

El desarrollo ulterior de esta cuestión deberá efectuarse en los dos capítulos siguientes, pero, no obstante, podemos decir algo sobre las duraciones y tiempos de los objetos y procesos físicos. Un solo resplandor o un solo ruido pueden llamarse *proceso físico perceptible*. Cuando una persona dice que ve un resplandor no quiere decir: *a)* Sencillamente, que siente un determinado *sensum* visual, o *b)* Que ve el movimiento, por ejemplo, de un electrón en el punto de origen del resplandor. Y esto porque: *a)* Admite que otras personas pueden ver el mismo resplandor, si bien hemos hallado varias razones para pensar que dos personas que ven el mismo resplandor no sienten el mismo *sensum* visual; y *b)* Lejos de admitir que vio el movimiento del electrón diría que éste es invisible y que sólo cree que se haya producido, aceptando la autoridad de una teoría científica que él mismo no comprende. Por tanto, ver un resplandor significa algo más que sentir un *sensum* visual y algo, más y menos a la vez, que percibir el movimiento de un electrón. Ver el resplandor entraña sentir el *sensum* y también algo más. Entraña la estimulación de las huellas relacionadas con experiencias similares del pasado. Estas pueden o no producir el criterio explícitamente perceptivo de que otros observadores sienten *sensa* similares que están ópticamente en el mismo lugar, y que en dicho lugar se ha producido algún movimiento. Pero tanto si estos criterios surgen como si no surgen, el observador tenderá a actuar del modo en que lógicamente actuaría *si* hubiera

formulado explícitamente estos criterios. Si en un caso particular dichos criterios no responden a la verdad, diremos que el observador está equivocado en su creencia de haber visto un resplandor, aunque haya sentido un *sensum* corto y brillante. Así, pues, una persona que «ve las estrellas» al chocar contra un poste, siente un *sensum* corto y brillante, pero se engañaría a sí mismo y engañaría a los demás si dijese que ha visto un resplandor.

Un proceso físico perceptible, como un resplandor o un ruido, pueden, por tanto, definirse como un determinado grupo de *sensa* que tienen determinadas similitudes entre sí y determinadas relaciones espaciales neutrales. Casi siempre está, en uno u otro sentido, copresentes en un lugar determinado del Espacio. Hemos visto que, por regla general, no son todos neutralmente simultáneos, sino que sus tiempos neutrales dependen de las posiciones de los diferentes observadores que los sienten. Percibir un tal objeto perceptible significa: *a)* Sentir un *sensum* perteneciente a tal grupo, y *b)* Como consecuencia de las huellas dejadas por pasadas experiencias similares, o bien considerar explícitamente que es un miembro de tal grupo o actuar como correspondería si se hubiera expuesto explícitamente este criterio.

a) Tiempos de los procesos físicos perceptibles

Teniendo en cuenta que un proceso físico perceptible consiste en una serie de *sensa* de diferentes tiempos neutrales, es evidente que a la pregunta: «¿Cuál es el tiempo de un determinado proceso físico perceptible?» Sólo puede contestarse de una forma más o menos pickwickiana. Para poder dar respuesta a dicha pregunta debemos tener en cuenta los dos hechos siguientes: los tiempos neutrales de los *sensa* de tal grupo no son anteriores al tiempo de un determinado movimiento físico, como, por ejemplo, abrir un postigo. Si en el resplandor no sólo incluimos los verdaderos *sensa*, sino también los *sensa* de posibles observadores, los tiempos de los diversos *sensa* se aproximarían al tiempo de este movimiento en la fuente, como límite inferior de aquéllos. Por tanto, este tiempo puede definirse como «el tiempo en que *empieza* el proceso físico perceptible». El segundo punto que debe tenerse en cuenta es que cuando un grupo de *sensa* tienen tiempos neutrales cada vez más posteriores, a medida que el observador se aleja de la fuente los *sensa* en cuestión son cada vez más tenues. Así, pues, los tiempos de los *sensa* que constituyen un solo ruido se aproximan a un límite del que se encuentra tan alejado un observador que sólo puede sentir un *sensum* del grupo. Esto no concede un tiempo totalmente definido que pueda considerarse como «el tiempo en que *termina* el proceso físico perceptible», porque aquí surge la cuestión de la diferente sonoridad que pueda tener para diferentes observadores. No obstante, está claro que de esta forma podríamos definir aproximadamente el tiempo en que termina tal proceso. Por tanto, la duración de un proceso físico perceptible puede definirse como el tiempo que transcurre entre su comienzo y su final.

b) Tiempos relativos entre acto de percibir y proceso percibido

Seguidamente vemos que, si bien el comienzo de un acto de sentir puede considerarse como contemporáneo con el final del campo sensible que es sentido a todo lo largo de dicho acto, no existe la misma relación sencilla entre el tiempo de un acto de percibir y el tiempo de un proceso físico percibido por aquél. Esto es evidente ya que no existe nada que pueda adecuadamente llamarse *el* tiempo de un proceso físico perceptible. Podemos justamente identificar el tiempo de un acto de percibir con el tiempo de un acto de sentir en el que aquél se base. Así, pues, en general, todo lo que podemos decir es que un acto de percibir es posterior al comienzo y anterior al final del proceso físico que dicho acto percibe. Es muy corriente suponer que un acto de percibir debe ser contemporáneo del proceso percibido. Mas esto es un error provocado por la confusión existente entre el acto de sentir, cuyo objeto es un *sensum*, y el acto de percibir, cuyo objeto es un proceso físico.

Existe, además, otra confusión que debemos examinar antes de abandonar este tema. Puede uno preguntarse: «¿Un proceso físico, como, por ejemplo, un resplandor, no perdura *para siempre*, una vez que ha comenzado?». Yo respondo que el movimiento transmitido desde la fuente, y correlacionado con los diversos *sensa* visuales del grupo, puede muy bien durar para siempre. Pero este movimiento, independientemente de su naturaleza, no *es* el resplandor. Un resplandor es un objeto *perceptible;* el movimiento en el éter no es perceptible —por lo menos para nosotros—. No tiene fundamento decir que un determinado proceso físico dura para siempre porque un determinado proceso imperceptible, con el que está estrechamente relacionado, dura siempre.

c) Procesos científicos

Esto nos lleva, naturalmente, a la cuestión de los tiempos y duraciones de los procesos físicos *imperceptibles*. Sabemos que unos procesos físicos perceptibles, como los resplandores, son considerados como estrechamente relacionados con movimientos de electrones y cambios en el éter que no podemos percibir. Para el científico estos son mucho más importantes que los procesos perceptibles. La relación epistomológica entre ambos es la siguiente: nosotros deducimos la existencia de estos procesos imperceptibles que, para seguir a Whitehead, llamaré *procesos científicos*, mediante la observación y anotación de las relaciones que existen entre procesos perceptibles. En lugar de formular las leyes de la Naturaleza como relaciones directas entre procesos perceptibles, analizamos estas relaciones como el producto relativo de dos clases diferentes de relaciones, o sea: *a)* Las que existen entre los procesos científicos entre sí y *b)* Las que existen entre procesos científicos y procesos perceptibles. Este proceso

adquiere un carácter ineludible si deseamos abordar satisfactoriamemte la Naturaleza. Las relaciones entre procesos perceptibles son muy complejas, y sobre ellas pueden formularse muy pocas leyes que sean sencillas e invariables. Por otra parte, las relaciones entre procesos imperceptibles y entre éstos y procesos perceptibles son muy sencillas, pudiéndose formular leyes muy amplias sobre las mismas. Por tanto podemos utilizar estas hipotéticas leyes para predecir qué procesos perceptibles serán percibidos bajo condiciones perceptibles asignadas. Nuestra hipótesis sobre los procesos imperceptibles y sus leyes se ve reforzada en la medida en que realmente se producen los procesos vaticinados. No es demasiado improbable que un científico, el cual trata constantemente con procesos científicos, pudiendo observar su gran importancia práctica y teórica, caiga en el error de suponer que sólo éstos son «reales». Esto constituye una seria equivocación. En realidad, la cuestión es la siguiente: la existencia de *sensa* es indudable, y esas positivas propiedades sensibles que parecen tener, las tienen, sin duda, si es que en realidad aceptamos la teoría del *Sensum*. La existencia de *algunos* procesos físicos perceptibles es prácticamente indudable, si estamos dispuestos a aceptar la existencia de otros observadores y a creer lo que éstos nos dicen sobre sus *sensa*. Pero, en un caso particular, un observador que cree percibir un determinado proceso físico puede estar equivocado, ya que puede sentir un *sensum* de una clase determinada y suponer erróneamente que se trata de un grupo de *sensa* relacionado, cuando en realidad es «salvaje» y está aislado. Por último, teniendo en cuenta que los procesos físicos imperceptibles se asumen sólo para cubrir las lagunas entre los diversos *sensa* de procesos perceptibles únicos, y para relacionar entre sí diferentes procesos perceptibles, está claro que nuestra seguridad respecto a la existencia de tales y tales procesos imperceptibles no puede lógicamente exceder nuestra seguridad respecto a la existencia de tales y tales procesos perceptibles.

Existe un vínculo entre los procesos puramente perceptibles, como los resplandores, y los procesos puramente científicos, como los movimientos de electrones y ondas de éter. Este vínculo lo constituyen las *partes imperceptibles* de los procesos perceptibles. Hemos definido un resplandor como un grupo determinado de *sensa visuales*, y dijimos que la duración de aquél equivale al tiempo que transcurre entre los primeros y los últimos de estos *sensa*. Mas debe admitirse que el punto verdaderamente importante sobre los procesos perceptibles no son los *sensa* que en realidad están en el grupo, sino los posibles *sensa*. De hecho, nadie puede sentir más que unos cuantos *sensa* en tales grupos, y puede darse incluso el caso de que sólo se sienta uno. El criterio perceptivo no afirma que *sean* sentidos otros *sensa* del grupo, sino únicamente que *podría* sentirlos cualquier observador lo suficientemente parecido a nosotros y que se encontrara en una posición adecuada. Así, pues, el valor efectivo del criterio según el cual los procesos perceptibles perduran, incluso cuando nadie siente *sensum* alguno del grupo, consiste en que *cuandoquiera* que un observador apropiado está presente en cualquier posición en una determinada

región espacio-temporal, éste *sentirá* un miembro del grupo. Mas no nos convence este aserto meramente hipotético. Suponemos que si *cualquier* observador en *cualquier* posición de una determinada región espacio-temporal siente un *sensum* de un grupo determinado, ello se deberá a que algo independiente de todos los observadores se está produciendo en *todas* las posiciones en esta región. Esta suposición descansa, en parte, en nuestra pasión por la continuidad espacio-temporal. Cuando existe una estrecha relación entre procesos en diferentes lugares y en diferentes tiempos, no podemos por menos que considerar que las separaciones existentes entre ellos *deben* estar llenas de una u otra forma. Y esta convicción se ve reforzada al comprobar que *cualquier* observador que ocupa su posición *al azar* dentro de la región espacio-temporal en cuestión siente igualmente un miembro del grupo.

Debemos señalar, además, que la presencia de un observador carece de importancia para la mayoría de las series de causalidad física. Si pongo una cafetera sobre el fuego y miro ambas cosas, al proceso perceptible del fuego que arde sucede, después de un determinado tiempo, un proceso perceptible del agua que está hirviendo. Si yo y los demás observadores nos ausentamos durante un tiempo y luego volvemos, observamos que el agua ha hervido en el mismo lapso de tiempo. Esto y millones de otros experimentos muestran que la separación entre los *sensa* pertenecientes a un proceso perceptible están llenos de algo que produce exactamente los mismos efectos que si estuviéramos presentes. Así, pues, incluso al nivel del sentido común, se considera que un proceso físico perceptible es un grupo de *sensa* relacionados por procesos que continúan independientemente de la presencia de observadores. El sentido común es muy vago por lo que se refiere a la naturaleza de estas partes no percibidas de procesos perceptibles. En general, supone, en una forma indiferente, que son de la misma naturaleza que las partes que en realidad son sentidas. Hasta que abordemos la cuestión relativa a las condiciones fisiológicas de los *sensa* no podemos discernir hasta qué punto puede mantenerse dicha opinión. Pero, en todo caso, podemos decir que parece esencial suponer que *algo* cubre estas lagunas, algo cuya naturaleza la ciencia pretende determinar cada vez con mayor exactitud. Independientemente de si tiene o no tiene las propiedades de los *sensa*, no cabe duda de que tiene las propiedades de los *procesos científicos*, admitiendo, naturalmente, la posibilidad de que las teorías científicas sean erróneas en puntos de detalle.

En el capítulo anterior señalé que se considera que los objetos científicos tienen formas y ocupan lugares en el movimiento-*continuum*, en el mismo sentido literal en que se siente inmediatamente que los *sensa* visuales tienen formas y ocupan lugares sensibles en sus respectivos campos. En realidad, los conceptos de los que ahora llamaré *Espacio Científico* y objetos físico científicos están inseparablemente unidos. Están compuestos *sobre la base de la analogía de los sensa* y de sus campos *por* datos derivados de las experiencias sensibles de muchos observadores a través de diferentes sentidos y en

diferentes tiempos. Cabe hacer las mismas observaciones, *mutatis mutandis*, respecto a los conceptos de lo que llamaré *Tiempo Científico* y procesos científicos. El Tiempo Científico es concebido por analogía con una historia sensible; se considera que los procesos científicos tienen tiempos en el Tiempo Centífico, del mismo modo que los *sensa* tienen tiempos en la historia sensible del observador que los siente; se considera que los objetos científicos tienen duración en el Tiempo Científico, del mismo modo que los objetos sensibles tienen duración en una historia sensible. Existe, no obstante, una diferencia. Por razones anteriormente expuestas, es imposible que los *sensa* deban literalmente ocupar lugares en el espacio científico, si bien no puede ser imposible componer un todo único de carácter espacial de más de tres dimensiones, en el que ocupen lugares *sensa* de todas las clases y objetos científicos. En ese caso, supongo que el Espacio Científico sería una especie de sección de tal cuasiespacio y, por ejemplo, un campo visual sería otra especie de sección del mismo cuasiespacio. Pero si, en efecto, puede hacer tal compuesto, yo, por lo menos, no soy capaz de tal artificio. Por otra parte, no es imposible que los *sensa* tengan literalmente tiempos y duraciones en el mismo Tiempo Científico que los procesos científicos; como ya hemos visto, las relaciones temporales son mucho más penetrantes que las relaciones espaciales. Los tiempos científicos de los *sensa* parecerían ser los tiempos en que se producen determinados procesos científicos en el cerebro del observador que siente tales *sensa*. A menos que existiera alguna incompatibilidad positiva entre las relaciones temporales de estos procesos científicos y las relaciones temporales sensibles de los correspondientes *sensa*, no parece haber razón alguna para rechazar la simple opinión de que las relaciones temporales entre los *sensa* en nuestra propia historia sensible, que llegamos a conocer a través de la sensación y la memoria, sean literalmente las mismas que las relaciones temporales entre los correspondientes procesos científicos en nuestros cerebros. La cuestión de si se puede o no sostener esta opinión quedará para uno de los próximos capítulos.

DURACION DE LOS OBJETOS FISICOS

Hasta aquí hemos dicho todo lo que se puede decir con provecho sobre los tiempos y duraciones de los procesos físicos antes de abordar el problema del movimiento y la unión de Espacio y Tiempo. No obstante, queda por decir algo sobre las duraciones de los objetos físicos o «cosas». Una cosa, como hemos visto, no es más que un proceso prolongado, durante el cual existe, o bien una similitud cualitativa o un continuo cambio cualitativo, junto con una unidad espacio-temporal característica. Un objeto sensible, como ya lo hemos definido en este capítulo, constituye un ejemplo de tal proceso prolongado, aunque, por razones que expondré más tarde, difícilmente podría llamársele una «cosa» y que, indudablemente, no es «físico». Por consiguiente, la línea divisoria entre procesos y cosas no puede

trazarse, desde un punto de vista teórico, de manera precisa. Sin embargo, podemos hacer una distinción práctica aproximada, lo cual resulta útil para no apartarnos demasiado del lenguaje corriente.

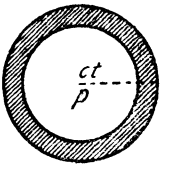
a) Objetos perceptivos

Un resplandor puede llamarse un proceso perceptivo, pero no es una cosa u objeto perceptivo. Y esto, porque cada persona que ve el resplandor siente un solo *sensum* corto, y no una serie de *sensa* en campos sucesivos que juntos forman un objeto sensible de bastante duración. Esto es cierto, aunque, como hemos visto, el propio resplandor, como proceso perceptivo, tiene una considerable duración que puede prolongarse miles de años. Así, pues, un objeto perceptible puede ser percibido durante un largo tiempo por el mismo observador. Y esto quiere decir que la apariencia que dicho observador tenga de aquél no debe ser simplemente un *sensum*, sino un *objeto sensible*. Además, se entiende que una cosa perceptible comporta siempre una serie de cualidades relacionadas entre sí que sólo pueden ser percibidas por diferentes sentidos. Un observador puede estar viendo una imagen en un espejo durante una hora, pero no se le ocurrirá decir que está viendo un objeto físico, si sabe que se trata de una imagen en el espejo. El sabe que de ir al lugar donde la imagen está ópticamente presente, no sentiría los *sensa* de tacto correlacionados y que allí no hay objetos científicos de importancia.

Naturalmente, como ya he indicado, no son satisfactorios desde el punto de vista teórico. Lo que consideramos como un objeto perceptible puede moverse tan de prisa que sólo sentimos un solo *sensum* corto en relación con aquél. A la inversa, un observador que se moviera a la velocidad de la luz en la dirección adecuada sentiría continuamente *sensa* relacionados con un solo resplandor, por lo que tendría conocimiento de un objeto sensible de considerable duración y, por tanto, tendería a afirmar que estaba viendo una cosa perceptible y no simplemente un proceso perceptible. Además, los criterios que acabamos de exponer son en muchos casos acertados y nos bastan para el problema que nos ocupa.

Podemos ahora perfeccionar la definición de un objeto perceptivo que formulamos en el capítulo anterior, donde deliberadamente hicimos caso omiso de las complicaciones originadas por el tiempo. Pero aún no podemos formular una definición completamente satisfactoria, porque no hemos examinado bastante el movimiento de los objetos físicos y de los observadores, y el consecuente desplazamiento de los *sensa* visuales en el movimiento-*continuum*. Por el momento, daremos por supuesto que nos limitamos a un objeto inmóvil y a observadores inmóviles, sin abandonar esta restricción hasta el capítulo siguiente. Supongamos que un proceso científico relacionado con un solo resplandor se produjera en un momento determinado y en un lugar determinado en el espacio científico. Supongamos que los observadores están esparcidos en todas las direcciones en torno a este lugar. En este caso, sería cierto que el lugar en cuestión estaría ópti-

camente ocupado por *sensa* visuales desde todas las *direcciones* durante un largo tiempo. Pero sólo estaría ópticamente ocupado durante un momento por *sensa* visuales desde una *distancia* dada. En cualquier momento dado, los *sensa* que ocupaban el lugar lo ocuparían desde lugares en una esfera determinada que lo rodea, y en un momeno posterior estaría ocupado sólo por *sensa* desde lugares en una esfera mayor. Nunca estaría ocupado simultáneamente por *sensa* desde lugares en dos esferas. Si en el lugar hubiera un objeto óptico permanente, en lugar de un simple resplandor, dicho lugar estaría ópticamente ocupado en un momento dado desde muchas distancias diferentes, así como desde todas las direcciones. Podemos considerar un objeto óptico permanente como una serie continua de resplandores sucesivos. Cada resplandor es de por sí una serie de *sensa* sucesivos pertenecientes a diferentes campos, y cuanto más tarde está un *sensum* en su resplandor, más alejado está el lugar desde el que está presente en el centro luminoso. Por consiguiente, debe tenerse en cuenta la existencia de dos series temporales: 1) La serie de resplandores que juntos forman la historia del objeto óptico permanente; y 2) La serie de *sensa* sucesivos que juntos forman un solo resplandor. Es evidente que un *sensum* primitivo perteneciente a un resplandor posterior y un *sensum* posterior perteneciente a un resplandor anterior pueden ser recíprocamente simultáneos. El primero estará ópticamente presente en el centro desde un lugar próximo, y el segundo estará ópticamente presente en el centro desde un lugar más alejado. Así, pues, el centro estará ópticamente ocupado por *sensa* desde diferentes *distancias* en el mismo momento. Imaginémonos, para más sencillez, un objeto visible con dimensiones espaciales extremadamente diminutas, al que podamos considerar como un punto. Supongamos que ha durado un tiempo T, y que desde que comenzó a existir hasta ahora ha transcurrido un intervalo de tiempo *t*. En este caso, los lugares *desde* donde están los *sensa* en este punto en el momento *t*, serán todos los puntos contenidos en el volumen entre un par de esferas que tienen como centro el punto, y *ct* y *c* (*t* + T) como radios. (En este caso, *c* equivale a la velocidad de la luz.) El diagrama ilustra lo expuesto.



En este momento, los *sensa* del primer resplandor en la historia del objeto estarán presentes en P desde lugares en la esfera exterior, y los *sensa* del último resplandor en su historia estarán presentes en P desde lugares en la esfera interior. Los *sensa* de resplandores intermedios estarán presentes en P desde lugares en el volumen contenido entre las dos superficies esféricas. Por tanto, el espesor de esta sólida capa de puntos, desde los cuales los *sensa* están contemporáneamente presentes en P, es característica de la duración del objeto óptico. Desde lugares dentro de la esfera más pequeña ya no hay *sensum* alguno presente en P, y desde lugares fuera de la esfera mayor aún no hay *sensum* alguno presente en P. La «capa» se extenderá continuamente desde el centro, pero siempre permanecerá con el mismo

«espesor», y este espesor es característico de la duración del objeto óptico.

Hasta aquí hemos limitado nuestra atención a los *lugares* desde donde los *sensa* están presentes en un lugar dado y en un *momento dado*. Pero podemos igualmente abordar toda la cuestión desde otro punto de vista. Podemos considerar los *momentos* en que los *sensa* están presentes en un lugar dado desde un *lugar dado*. En el caso de un resplandor, cada observador siente sólo un *sensum*, el cual está ópticamente presente en el lugar en el que se dice se halla el resplandor. En el caso de un objeto físico permanente, todos los observadores no sólo tendrán conocimiento en el curso del tiempo de un solo *sensum*, sino de un objeto sensible. Y la duración de este objeto sensible puede, por regla general, identificarse con la duración del objeto óptico. En este caso, el objeto sensible es un grupo de *sensa* visuales sucesivos en una sola historia sensible, uno de los cuales pertenece a cada uno de los resplandores sucesivos en los que puede ser analizada la historia del objeto óptico permanente mediante la Abstracción Extensiva. Está claro que debemos distinguir entre 1) La *duración de un objeto óptico desde un lugar*, y 2) La *duración total de un objeto óptico*. La primera es simplemente la duración del objeto sensible, que es la apariencia del objeto óptico, respecto a un observador en dicho lugar. Pero un objeto físico, por muy corta que sea su duración desde cualquier lugar, tiene una duración extremadamente larga, cuando se tienen en cuenta *todos* los *sensa* que le pertenecen desde todos los lugares. Su *duración* total equivale al tiempo que transcurre entre el primero y el último *sensum* visual que le pertenecen. E incluso en el caso de un resplandor momentáneo, esta duración puede ascender a millones de años. Un resplandor, en el límite, sólo tiene una duración de la segunda clase; un objeto óptico permanente tiene ambas clases de duración.

Ahora podemos definir un *objeto óptico permanente completo*, teniendo en cuenta, naturalmente, las limitaciones referentes al movimiento que ya hemos indicado. Tal objeto es un grupo de *sensa* visuales de varios tiempos, correlacionados entre sí, y que tienen las siguientes propiedades: 1) Existe un determinado contorno cerrado en el Espacio Científico (en «lugar ocupado por el objeto óptico»), de tal modo que todos los miembros de este grupo de *sensa* están ópticamente presentes en algún lugar de su superficie desde algún sitio. 2) Cada parte de este contorno está ópticamente ocupado desde algún sitio por algún miembro (o miembros) del grupo. 3) En cualquier momento, después de que el objeto óptimo ha empezado a existir, cualquier parte de este contorno central está ocupada por *sensa* del grupo desde todos los lugares comprendidos en un determinado *volumen*. Este volumen está delimitado por dos superficies cerradas, las cuales contienen ambas el lugar ocupado por el objeto óptico. Después de que el objeto óptico ha completado su historia, el espesor de este volumen es una medida de la duración del objeto desde cualquier punto. 4) Desde cualquier punto, una determinada parte del contorno central está ocupada por una serie de *sensa* sucesivos, for-

mando un objeto sensible en la historia sensible de un observador que esté en este punto. La duración de este objeto sensible equivale a la duración del objeto óptico desde este lugar.

Para definir un *objeto óptico completo no permanente*, es decir, un proceso óptico completo, o «resplandor», dejamos como están las cláusulas 1) y 2) y modificamos las cláusulas 3) y 4) como sigue: en 3) sustituimos «comprendidos en un determinado volumen» por «en una determinada superficie». En 4) sustituimos «una serie de *sensa* sucesivos» por «un solo *sensum*», y omitimos el resto de la cláusula. Por último, una imagen en el espejo de una silla o de un alfiler sería un objeto óptico incompleto permanente, mientras que una imagen en el espejo de un resplandor sería un objeto óptico incompleto no permanente.

En el capítulo anterior dijimos que un objeto perceptivo corriente, como un penique, según lo entiende el sentido común, es, en realidad, un *compositum* que está compuesto por varios objetos correlacionados de diferentes clases, que ocupan todos ellos un lugar en el movimiento-*continuum* en sus diversas formas pickwickianas adecuadas. Además, este lugar es considerado como literalmente ocupado por objetos científicos correlacionados; y la diferencia entre la ciencia y el sentido común es en gran parte una diferencia en la cantidad de conocimientos que ambos pretenden tener sobre estos objetos científicos. Es evidente que algunos de los componentes de un objeto perceptivo pueden dejar de existir mientras otros siguen existiendo. Además, un lugar donde ya ha estado una vez un objeto perceptivo puede seguir siendo frecuentado por su fantasma, bajo la forma de su componente óptico. El carácter compuesto de un objeto perceptivo infecta la noción de «su» duración con una vaguedad incurable. Podemos exponer criterios exactos sobre las duraciones de sus componentes, y podemos hacer formulaciones exactas sobre las duraciones de los objetos científicos correlacionados, pero el objeto perceptivo, tal y como lo entiende el sentido común, constituye una mezcla tal de componentes no homogéneos que no merece la pena examinarlo en su conjunto.

Ya hemos dicho que un observador puede muy bien estar equivocado al pensar que percibe un proceso físico de una clase determinada, ya que esta creencia implica una referencia a algo que se encuentra fuera del *sensum* que siente, una referencia a otros *sensa*, reales y posibles, sentidos por otros observadores. *A fortiori*, podemos estar equivocados al suponer que percibimos una determinada cosa física; y esto puede ocurrir incluso cuando estamos en lo cierto al pensar que percibimos un proceso físico o una serie de procesos físicos. Tales equivocaciones adquieren diversas formas y contienen diversas dosis de error. 1) Podemos confundir un objeto óptico parcial con uno completo, es decir, podemos pensar que un lugar determinado está ópticamente ocupado desde todas las direcciones cuando en realidad sólo está ocupado desde una o desde una serie muy restringida de direcciones. Esto sucede con los espejismos ópticos que en realidad nos engañan. 2) Si cometemos este error, lo más probable es que

cometamos el otro error de suponer que el lugar en cuestión está también ocupado por componentes de tacto y otros componentes correlacionados, que es un centro de sonido y de calor irradiado y que está literalmente ocupado por objetos científicos especialmente correlacionados con nuestros *sensa* visuales. En realidad, los objetos científicos de mayor importancia se encontrarán en un lugar muy apartado. 3) Podemos cometer errores muy serios sobre el tiempo. Prácticamente siempre pensamos que las cosas físicas han perdurado y permanecido en el mismo lugar más tiempo de lo que nuestras percepciones físicas nos indican que debemos creer. Si una persona corriente ve una estrella en un lugar óptico determinado, supone que debe haber estado allí por lo menos hasta el momento en que deja de verla. Esto, naturalmente, carece de fundamento. Mis *sensa* visuales están, en realidad, ópticamente presentes en este lugar en el momento en que los siento, y seguirán estándolo todo el tiempo que los sienta. Pero decir que la *estrella* está ahí en ese momento entraña mucho más que eso. Considero que también están allí otros tipos de objetos componentes, y que el lugar está ahora ocupado por objetos y procesos científicos correlacionados. Esto puede ser cierto, pero mi percepción visual no basta para demostrarlo. La estrella puede haberse desintegrado o movido a otro lugar desde que la luz salió de ella. El primer criterio implica que ahora no hay centro ocupado por objetos científicos correlacionados con mis actuales *sensa* visuales. El segundo implica que sigue habiendo un centro ocupado por procesos de esta clase, pero que ya no se encuentra en el lugar donde está presente el objeto óptico. Los fenómenos de la aberración muestran que estas divergencias entre el lugar de un proceso perceptivo y el de una cosa con la que aquél está relacionado pueden ser originadas por un mero movimiento del observador.

b) Objetos científicos

Se considera que los objetos perceptivos corrientes, como son los peniques y las sillas, empiezan a existir, duran cierto tiempo y luego terminan. En la primera parte del capítulo sobre Tiempo y Cambio traté de explicar lo que significa exactamente decir de un objeto que ha empezado a existir, ha durado tanto tiempo y ha terminado. Debe tenerse en cuenta que los objetos perceptivos son considerados como relacionados con objetos científicos en la forma descrita anteriormente en este mismo capítulo. El objeto científico total especialmente relacionado con cualquier objeto perceptivo se considera como un conjunto muy complejo de partes relacionadas entre sí. Tales estructuras, una vez constituidas, tienen más o menos estabilidad; pero, en condiciones adecuadas, es indudable que empiezan a existir, existen y terminan su existencia. Lo que debemos hacer ahora es distinguir entre objetos científicos de diferentes *órdenes*. La clase de objeto científico especialmente relacionado con un objeto perceptivo, como una silla, puede llamarse objeto de *primer orden*. Se considera que consiste, como sabemos, en un gran número de moléculas que forman

una estructura en el espacio. A estas moléculas se las puede llamar objetos de *segundo orden*. Se considera que cada molécula consiste en una serie de átomos, característicamente colocados en el espacio y que se mueven de forma característica en función del tiempo. Estos átomos son objetos de *tercer orden*. Por último, se considera que cada átomo consiste en electrones positivos y negativos, con formas características de movimiento. Estos son objetos de *cuarto orden;* y es, naturalmente, posible que éstos sean a su vez complicadas estructuras compuestas de objetos de quinto orden.

Esta jerarquía representa fenómenos reales de la Naturaleza. La forma más sencilla de abordarla es la siguiente: numerosos agentes, uno de los cuales puede ser la presencia de un estraperlista suficientemente gordo sentado en la silla, pueden determinar la rotura de la silla, sin causar daño alguno a las moléculas de celulosa de que está compuesta. Otros agentes, como el calor, pueden romper las moléculas de celulosa, dejando, no obstante, inalterados los átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno que las componen. Muy pocos agentes y con grandes dificultades logran romper los propios átomos, separando los electrones que los componen. Que yo sepa, ningún agente ha logrado romper un electrón, si bien es posible, con métodos heroicos, hacer estallar trozos del núcleo del átomo. Así, pues, los órdenes en la jerarquía de los objetos científicos son las etapas donde determinados agentes desintegradores, que anteriormente han sido eficaces, dejan de serlo. En realidad, las sillas son permanentes bajo una gran variedad de condiciones, las moléculas de celulosa bajo una variedad mayor, los átomos de carbono bajo una variedad mayor aún y los electrones bajo todas las condiciones a que han sido sometidos.

Ahora bien, en lo que se refiere a la cuestión que nos ocupa, lo importante es observar que los objetos científicos de diferentes órdenes requieren diferentes espacios y unas duraciones mínimas para existir. Esto se admite, generalmente, en lo que respecta al espacio, si bien se formula de una forma bastante confusa; se dice, por ejemplo, que «las moléculas son divisibles y los electrones no lo son». Esto es igualmente cierto respecto al tiempo, y uno de los mayores méritos de Withehead es haberlo señalado con claridad. Primeramente, explicaré qué significa este criterio en lo que se refiere al espacio. Si dividimos en dos partes el espacio que está ocupado por una silla, ninguna de estas partes estará ocupada por una silla, si bien una puede estar ocupada por una pata y la otra por el asiento. Además, podemos dividir el espacio ocupado por una silla en partes, cada una de las cuales está ocupada por una molécula de celulosa. Si subdividimos una de estas divisiones veremos que algunas de nuestras subdivisiones están ocupadas por un átomo de hidrógeno, algunas por un átomo de carbono, otras por un átomo de oxígeno y otras por nada en absoluto. Cuando una persona dice que una molécula es divisible en el espacio, mientras que un electrón no lo es, quiere decir, aparte de que la primera ha sido experimentalmente dividida y el segundo no, aproximadamente lo siguiente: Si tomamos un espacio que contenga una sola molécula y nada más, podemos dividirla en una serie de partes ex-

haustivas y mutuamente exclusivas, de tal modo que se observa una diferencia positiva de cualidad entre el contenido de algunas de estas partes y el contenido de otras. (Por ejemplo, el contenido de una parte puede tener la «cualidad hidrógeno», el de otra la «cualidad oxígeno», etc. Naturalmente, algunas de las particiones pueden no tener contenido alguno.) Si tomamos un espacio que contenga un solo electrón y nada más, entonces, o bien 1) *Todos* los grupos de partes exhaustivas y mutuamente exclusivas en las que puede dividirse el espacio están ocupadas por contenidos de la misma cualidad, o 2) Podemos dividir el espacio en dos partes mutuamente exclusivas y exhaustivas, una de las cuales está vacía y la otra tiene la propiedad 1). Lo que se llama «indivisibilidad» es más bien *homogeneidad de cualidad* respecto a todas las subdivisiones por debajo de un cierto máximo. Naturalmente, la cuestión de saber si en realidad un electrón responde a esta definición depende de la investigación empírica.

Por otra parte, como ha señalado Whitehead, cabe hacer la misma distinción entre los objetos en lo que se refiere a la división de su historia en secciones sucesivas. Existen muchos tipos de objetos cuyas cualidades características requieren un determinado mínimo de duración para ser inherentes. Por ejemplo, la memoria es una de las características más sobresalientes de la clase de cosas que llamamos «mente». Por tanto, está claro que la propia noción de una «mente momentánea» es un disparate. Ahora bien, lo mismo es cierto respecto a cualquier objeto científico que se caracteriza en parte por algún tipo especial de movimiento. Supongamos que una determinada clase de átomo consiste en un núcleo y un electrón que gira en torno a él, a una determinada velocidad característica. Este átomo requeriría por lo menos la duración de una rotación completa para poder manifestar sus propiedades características. La historia de tal átomo en un «dibujo» en el tiempo, de la misma forma que la colocación momentánea de electrones y núcleo es un dibujo en el espacio. Si la duración de una rotación completa fuese dividida en partes sucesivas, el contenido de las partes sería diferente en cualidad del contenido del conjunto.

Por otra parte, pueden muy bien existir objetos que son temporalmente homogéneos. Esto significaría que, independientemente de la forma en que dividiésemos su historia, el contenido de todas las secciones sería igual en cualidad a cada una de ellas y al conjunto. Así, pues, muchos tipos de objetos científicos tienen una duración mínima característica, así como una extensión mínima característica.

La ciencia, no obstante, considera a los objetos científicos como espacio-temporalmente homogéneos; y da por supuesto que estos objetos científicos esenciales nunca empiezan o terminan. Así, pues, los objetos científicos esenciales se consideran como eternos, en el sentido de que existen a lo largo de todo el tiempo. Los únicos cambios científicos esenciales son las agrupaciones o reagrupaciones de tales objetos sobre la base de un solo grupo de leyes fundamentales. Por mi parte, no afirmo saber si esta suposición es o no cierta, o si es o no evidente de por sí. Pero sí creo que podemos afirmar (como ya he

señalado en otro lugar, y como lo ha mostrado el señor Keynes con mucha mayor claridad en su *Tratado sobre la Probabilidad)* que sin una suposición de este tipo es imposible justificar la confianza que depositamos en los resultados de inducciones «sólidamente establecidas». No es mi propósito seguir examinando esta cuestión aquí.

En el próximo capítulo expondré lo que pueda sobre el Movimiento y en el siguiente analizaré el concepto de Espacio-Tiempo, del cual se desprende que el Espacio Científico y el Tiempo Científico son dos abstracciones de diferentes tipos.

Obras adicionales que pueden consultarse con provecho:

B. A. Rusell, *Lectures on the External World*, confs. III y IV.
A. N. Whitehead, *Principles of Natural Knowledge*, parte IV.
S. Alexander, *Space, Time and Deity*, vol. I.
A. A. Robe, *Absolute Relations of Time and Space.*

Movimiento Sensible y Físico

«Oh, how glorious and resplendent,
Fragile Body, shalt thou be!»

(*Hymns Ancient and Modern.*)

En el capítulo anterior me referí incidentalmente al movimiento sensible de los *sensa* dentro de sus propios campos. Tanto en dicho capítulo como en el anterior me referí al movimiento de nuestros cuerpos, señalando que el concepto de Espacio físico está basado en tales movimientos, interpretados espacialmente por analogía con nuestros propios campos visuales. En este capítulo trataré de profundizar más en dichas cuestiones; ver exactamente cómo están relacionados los conceptos de Espacio y Movimiento físicos con nuestros movimientos corporales, por una parte, y, por otra, con las posiciones y movimientos de nuestros *sensa* en sus campos; y, finalmente, elaborar el concepto de Espacio-Tiempo físico. Podremos ver que la consideración de nuestros propios cuerpos y de los cuerpos de los otros observadores que pueden comunicar con nosotros sobre sus propias experiencias cubre una laguna en nuestro concepto de objetos físicos y constituye un factor esencial en el desarrollo del concepto de Espacio físico.

OBSERVACIONES GENERALES SOBRE CAMBIO Y MOVIMIENTO

Cuando decimos que algo cambia o, más especialmente, que se mueve, ello implica una determinada identidad y una determinada diferencia. Debe existir una suficiente identidad para que podamos decir que estamos tratando con el mismo objeto, a pesar del movimiento o de otro cambio, y debe existir alguna diferencia entre una parte de la historia del objeto y otras partes, o no podemos decir que ha cambiado o que se ha movido. El concepto de Cambio es más general que el de Movimiento, ya que movimiento es simplemente cambio de posición en el espacio. Por tanto, empezaremos por el cambio en general.

En la vida corriente distinguimos entre un objeto y su historia, y tendemos a pensar que el primero es lógicamente anterior a la segunda. Por ejemplo, decimos que ahí hay un determinado objeto, como un penique, y que puede, o bien permanecer inmóvil o moverse, mantenerse brillante o deslustrado, etc. Decimos que estos procesos «le ocurren» al objeto, y que su historia es simplemente todos

los procesos que ocurren a dicho objeto. Creemos que podemos tener un objeto sin una historia, pero no una historia sin un objeto. Esto es una profunda equivocación originada por considerar la «historia» en un sentido demasiado limitado. Un objeto separado de su historia no es una clase de cosa que pueda existir. Todo objeto que no es meramente momentáneo tiene una historia de alguna clase, y cualquier objeto que no sea meramente momentáneo puede, en realidad, existir. «Objeto» separado de «historia» constituye, por tanto, igual abstracción que «historia» separadas de «objeto». Naturalmente, algunas historias son muy obscuras; por ejemplo, la historia del penique que permanece en un lugar y nunca varía en sus otras cualidades. Otras son más estimulante; por ejemplo, la de un penique que se mueve, se dobla y se afea, y finalmente termina dentro de un cepillo. Ahora bien, nosotros tendemos a identificar historia con estímulo, es decir, historia variable. En tal caso, identificamos el objeto con los aspectos obscuros de su historia, olvidando, por su uniformidad, que aquéllos son también historia. En realidad, todo lo que literalmente existe son ramales de historia, algunos más obscuros y otros más estimulantes.

Ahora bien, es concebible que pueda haber sucesión, pero no historia. En ese caso no habrá ni *un* objeto ni una pluralidad de objetos. Tomemos un fragmento de todo el curso de la Naturaleza, durante una hora. Imaginémonos dicho fragmento cortado en secciones sucesivas, cada una con una duración de un segundo. Desde el punto de vista teórico existen tres posibilidades: 1) Encontraremos que el contenido de cualquier par de segundos adyacentes no tiene un parecido particular, ni en conjunto ni en parte. Y podemos también encontrar el mismo resultado si hacemos divisiones cada vez más cortas. En ese caso difícilmente podremos hablar de historia, pues no habrá más que un completo caos de procesos. 2) Encontraremos un parecido cualitativo considerable entre *todo* el contenido de cualquier par de segundos adyacentes, y veremos que este parecido aumenta cuanto más cortas hacemos las divisiones. Pero quizá tengamos que comparar el contenido de cada segundo *en bloc*. Quizá no podamos dividirlo en partes coexistentes claramente distinguibles. En ese caso diremos que *hay* una historia (del mundo en conjunto), pero que no hay varios *ramales de historia* precisos. Así, podríamos referirnos a *un* objeto que perdura y quizá cambia, o sea, al universo; pero no a varios objetos precisos. 3) Podemos encontrar, como en realidad ocurre, que el contenido de cada segundo es distinguible en diferentes partes coexistentes, y que una parte determinada del contenido de uno está unida a una parte determinada del contenido del siguiente por un estrecho parecido cualitativo. Por esto entiendo parecido en forma y posición, así como parecido en color, temperatura, etc. Por consiguiente, no sólo podemos decir que existe una historia del mundo en su conjunto, sino que también existen diversos ramales de historia precisos. Cada ramal podría llamarse la historia de tal y tal objeto, pero esto no significa que haya otro existente, o sea, «el objeto», al margen del propio ramal. Podemos referirnos a la plura-

lidad de objetos sólo por la existencia de tales ramales. El mundo en su conjunto tiene una historia, en parte porque está compuesto de tales ramales de historia. Pero su historia es más que la suma de una serie de ramales precisos adyacentes. Si hubiera regularidades causales y otras durante todo el período en discusión existirían relaciones características entre los ramales, y la historia del mundo en su conjunto tendría más unidad y complejidad que las que implica el simple criterio de que está compuesto de tales y tales ramales paralelos.

Así, pues, siempre que hablamos de «objetos», el hecho substancial es la existencia de ramales precisos de historia. Un objeto dado es un determinado ramal, lleno de unas determinadas unidad especial y continuidad que lo caracterizan y lo diferencian de ramales de otras clases. Decir que un objeto determinado no ha cambiado en ningún aspecto equivale a decir que todas las secciones sucesivas de un determinado ramal son cualitativamente indistinguibles entre sí. De este modo, un objeto incambiable es una ramal *completamente uniforme* de la historia. Decir que un determinado objeto se ha movido, mas que no ha cambiado en otros aspectos, equivale a decir que las cualidades de posición de secciones sucesivas de un ramal determinado son progresivamente diferentes. Por tanto, un objeto en movimiento es un ramal *posicionalmente no uniforme*.

Naturalmente, puede ocurrir que existan muchos ramales precisos que se parecen tanto entre sí desde el punto de vista de las características de sus secciones y en el tipo de unidad que los llena, que se les llama historias de objetos de la misma clase. No obstante, algunos de estos ramales pueden ser posicionalmente uniformes, mientras otros son posicionalmente no uniformes. Un ejemplo de ello es un penique inmóvil y otro en movimiento. Además, un ramal que tenga suficiente unidad y continuidad para poder ser considerado como la historia de un solo objeto, puede, no obstante, ser en algunas de sus partes posicionalmente uniforme y en otras posicionalmente no uniforme. Un ejemplo de ello sería un penique que a veces está inmóvil y a veces en movimiento. Creo que en parte se debe a estos fenómenos nuestra tendencia a separar los objetos de sus historias, considerando sus historias como algo más o menos externo que puede o no puede «ocurrirles» a ellos. Un penique dado es, en realidad, un determinado ramal de historia, posicionalmente uniforme si se trata de un penique inmóvil y posicionalmente no uniforme si se trata de un penique en movimiento, etc. Pero siempre pueden encontrarse infinidad de ramales de historia lo suficientemente parecidos a éste en sus cualidades no posicionales para poder llamarlos historias de peniques, y no obstante uniformes en los casos en que esta historia es posicionalmente no uniforme. En general, tendemos a identificar el primer penique con una historia uniforme, como el segundo penique, y considerar la parte no uniforme del primer penique como algo que «le ha ocurrido», si bien no era parte de él. Sin embargo, la realidad es que el primer penique *es* el primer ramal y nada más, y el segundo penique *es* el segundo ramal y nada más. Indudablemente, la caracterís-

tica general de «ser un penique» es común a ambos, ya que es el tipo de carácter cualitativo que llena tales ramales; mas éste es un existente universal, no particular, y cuando la gente se refiere a «objetos», y dice que están inmóviles o en movimiento, no se refiere en primer lugar a las características universales, sino a los existentes particulares.

Es, pues, evidente que todo objeto tiene una dimensión temporal además de las dimensiones espaciales que pueda tener. Nada hay de misterioso en esto; simplemente quiere decir que todo objeto existente, independientemente de si está inmóvil o en movimiento, es un ramal de historia con alguna duración. La cuestión de saber si es un objeto que cambia o que no cambia depende simplemente de si las secciones sucesivas del ramal, normales a la dimensión temporal, son exactamente iguales o progresivamente diferentes en cualidad. La noción de objeto que no tenga más que dimensiones espaciales es una pura abstracción. Podemos dividir el objeto en secciones cada vez más pequeñas, normales a su dimensión temporal, y estas secciones se irán aproximando, a medida que las hacemos más pequeñas, a figuras puramente espaciales. En el límite, cada una será una figura puramente espacial, generalmente de tres dimensiones. Mas éstas no *son* el objeto ni son, incluso literalmente, *partes* de él. El objeto es todo el ramal de historia de cuatro dimensiones. Y estas figuras espaciales momentáneas sólo son «partes» del objeto en el sentido pickwickiano en el que las secciones planas de un sólido corriente son «partes» del sólido. La persona que se niega a identificar un objeto con toda la historia de éste debe identificarlo, o bien con una *sección momentánea* de dicha historia, o con una *sección uniforme* de la misma. Si adopta la primera alternativa, el objeto es una mera abstracción, incapaz de existir. Si adopta la segunda, su restricción respecto a la parte uniforme de todo el ramal de historia es evidentemente arbitrario.

Si se da el caso de que todas las sucesivas secciones momentáneas de un objeto tienen la misma forma, puede llamarse a esto *la* forma del objeto. Pero si tienen formas diferentes, no hay nada que pueda llamarse *la* forma del objeto. Un penique y una niebla son objetos, pero si bien podemos referirnos a la forma del primero, no podemos referirnos a la forma de la segunda.

MOVIMIENTO Y QUIETUD EN CAMPOS VISUALES E HISTORIAS SENSIBLES

Después de las anteriores observaciones generales sobre la naturaleza de los objetos y su movimiento o quietud podemos abordar los diversos tipos de movimiento y quietud que se producen dentro de nuestros campos visuales e historias sensibles.

a) MOVIMIENTO Y QUIETUD DE LOS «SENSA» VISUALES

Un solo campo sensible dura un tiempo, aunque corto y finito. Espacialmente, tiene tres dimensiones. Por tanto, es un conjunto espacio-temporal de cuatro dimensiones y, al sentirlo, sentimos directamente un conjunto de cuatro dimensiones con tres dimensiones espaciales y una temporal. Un *sensum* es una parte que destaca del contenido total de un campo sensible. Tiene cierta duración, la cual no puede exceder de la duración del campo sensible, y tiene extensión espacial. Por tanto, en general, es un objeto de cuatro dimensiones. Ahora bien, como hemos visto, un *sensum* visual puede o no cambiar su posición en su propio campo. Si la cambia, es afectado por un movimiento sensible; de otro modo está sensiblemente inmóvil. Por consiguiente, *todos* los *sensa* visuales son objetos de cuatro dimensiones, y aquellos que son afectados por un movimiento sensible son objetos posicionalmente no uniformes. Del mismo modo que no podemos ver de una vez un objeto que sea mayor a un tamaño determinado, no podemos sentir por mediación de un solo acto un objeto que exceda de la duración de un Presente Lato, independientemente de si es uniforme o no. Al sentir un *sensum* inmóvil captamos en un acto un objeto posicionalmente uniforme de cuatro dimensiones y de corta duración; al sentir un *sensum* en movimiento captamos en un acto un objeto posicionalmente no uniforme de cuatro dimensiones y de corta duración. Así, pues, el movimiento sensible es la forma en que se nos manifiesta la no uniformidad de un objeto de cuatro dimensiones cuando esta no uniformidad es lo suficientemente «clara» para poder ser observada dentro de los límites de la duración de un solo campo sensible.

b) MOVIMIENTO Y QUIETUD DE OBJETOS SENSIBLES VISUALES

Nuestros sucesivos campos visuales están vinculados entre sí formando una sola historia sensible, como ya hemos descrito. Esta es simplemente un conjunto de cuatro dimensiones, de la misma naturaleza general que un solo campo visual, pero de mayor duración. Naturalmente, no puede sentirse como un conjunto, si bien algunas de sus primeras secciones pueden recordarse al mismo tiempo que se siente su última sección. Ahora bien, cuando un determinado *sensum* inmóvil ha ocupado una determinada posición a través de todo un campo, *sensa* similares pueden ocupar posiciones exactamente iguales en una serie de campos sucesivos. Del mismo modo que los campos están vinculados entre sí formando una historia sensible, de la que aquéllos son secciones sucesivas, estos *sensa* inmóviles están vinculados entre sí formando un solo objeto sensible, del que son secciones sucesivas. Este es un objeto sensible posicionalmente uniforme y puede describirse como un objeto sensible que *permanece en el espacio de la historia sensible del observador.*

Puede darse el caso de que haya una serie de *sensa* más o menos parecidos en una serie de campos sucesivos, pero que ocupen posi-

ciones progresivamente diferentes en sus campos respectivos. Y puede ocurrir que cuanto más pequeños sean dos campos y más próximo se encuentre el uno del otro, menor será la diferencia entre las posiciones de los *sensa* de este grupo pertenecientes a estos campos. En estas condiciones los *sensa* del grupo se unen para formar un objeto sensible, del que son secciones sucesivas. Pero este objeto sensible es posicionalmente no uniforme, y puede describirse como un objeto sensible que se *mueve en el espacio de la historia sensible del observador.* Ocurre a menudo que no existe uniformidad sensible en los *sensa* individuales de tal grupo, si bien se unen para formar un objeto sensible posicionalmente no uniforme. Por otra parte, a menudo ocurre que cada uno de los *sensa* componentes de un objeto sensible en movimiento es afectado por un movimiento sensible de su propio campo. Parece justo suponer que, incluso en el primer caso, los *sensa* componentes no son del todo objetos posicionalmente uniformes, sino que su salida de la uniformidad no es lo suficientemente «clara» para poder ser sentida como movimiento dentro del campo sensible.

Es importante señalar que el movimiento de los *sensa* en sus campos y de los objetos sensibles en los espacios de sus historias sensibles constituye la base empírica esencial del concepto de movimiento absoluto. El movimiento sensible de un *sensum* en su campo es, en realidad, algo absoluto; no *consiste* simplemente en el hecho de que este *sensum* altera sus relaciones espaciales respecto a otros *sensa* en el campo, si bien, naturalmente, lo *entraña* como una consecuencia necesaria. Esto es evidente si examinamos el ejemplo siguiente: supongamos que estoy mirando al cielo y que veo una estrella fugaz. Capto un campo y dentro de éste hay *sensa* que son las apariencias de las otras estrellas y un *sensum* que es la apariencia de la estrella fugaz. Esta última está afectada por un movimiento sensible, mientrras que las otras no lo están. Pero, si el movimiento sensible consistiera simplemente en un cambio de posición relativa dentro del campo, aquél sería completamente simétrico, por lo que sería imposible decir que el *sensum* de la estrella fugaz se mueve y que los otros *sensa* no se mueven. Mas está claro que, en realidad, sentimos una peculiaridad intrínseca del *sensum* de la estrella fugaz, la cual no está presente en los otros *sensa.* Por tanto, el movimiento y quietud sensibles son algo absoluto e intrínseco y no puramente relativo, hecho que, a mi juicio, constituye la base de los conceptos de movimiento y quietud absolutos. Esto no quiere decir, naturalmente, que el concepto así elaborado sea realmente *aplicable* fuera del marco de los campos sensibles e historias sensibles. Puede que el movimiento o quietud absolutos de un objeto sensible en el espacio de mi historia sensible esté relacionado con un movimiento meramente relativo entre mi cuerpo y los otros objetos físicos. Esto no altera el hecho de que el movimiento del objeto sensible en el espacio de mi historia sensible sea de por sí absoluto, y no un mero cambio de relación respecto a otras partes del contenido de la historia. Analizaremos esta cuestión en otro de los apartados de este capítulo.

CORRELACIONES ENTRE LOS MOVIMIENTOS DE OBJETOS VISUALES Y LAS SENSACIONES CINESTESICAS DE UN OBSERVADOR

La mejor forma de abordar este complicado problema es examinar algunos casos especiales. Al tomar un solo observador y un solo objeto físico podemos empezar por distinguir cuatro casos que ocurren constantemente: A) El observador está quieto y 1) mira a un objeto físico inmóvil, o 2) mira a un objeto físico en movimiento. B) El observador se mueve corporalmente y 1) mira a un objeto físico inmóvil, o 2) mira a un objeto físico en movimiento. Estos cuatro casos deben distinguirse entre sí mediante determinadas diferencias en nuestras experiencias sensibles; empezaré por señalar las peculiaridades de cada uno.

A) Existen dos clases de sensación cinestésicas, una relacionada con la acción de andar y la otra con la acción de volver la cabeza. Las llamaré sensaciones cinestésicas *traslativas* y *rotativas*, respectivamente. Los casos de A son todos iguales en el hecho de que el observador no experimenta sensaciones cinestésicas traslativas.

1) Cuando un observador que está quieto mira a un objeto físico inmóvil observa que, una vez que ha vuelto la cabeza con objeto de sentir un campo en el centro del cual se encuentre una apariencia visual de este objeto, debe mantener la cabeza en esta misma posición si desea seguir sintiendo campos con *sensa* parecidos en sus centros. Es decir, a fin de que el objeto físico pueda aparecer en su historia sensible como un objeto sensible inmóvil, el observador debe mantenerse libre de sensaciones cinestésicas rotativas. Si en cualquier momento decide volver la cabeza el objeto físico continuará apareciendo durante un tiempo en su historia sensible visual. Pero los *sensa* visuales mediante los cuales aparece ocuparán progresivamente lugares diferentes en los campos sucesivos del observador. Además, pueden ser afectados por un movimiento sensible dentro de sus propios campos. Por tanto, en este caso, el objeto físico sigue apareciendo, por lo menos durante cierto tiempo, como un objeto sensible visual en la historia sensible del observador. Pero su apariencia es ahora posicionalmente no uniforme, es decir, que se trata de un objeto sensible en movimiento.

Deben también hacerse algunas observaciones sobre las formas, etcétera, de los sucesivos *sensa* en este objeto sensible. Mientras el observador mantiene quieta la cabeza los *sensa* sucesivos serán indistinguibles respecto a su forma, a no ser, naturalmente, que en el objeto se estén produciendo cambios físicos. Pero cuando mueve la cabeza, las apariencias sucesivas se diferenciarán en forma; cada vez serán más deformes cuanto más vuelva la cabeza, y a medida que vayan ocupando posiciones cada vez más excéntricas en los campos sucesivos del observador. Por consiguiente, cuando vuelve la cabeza, el objeto sensible mediante el cual aparece el objeto físico en su historia sensible no sólo es posicionalmente no uniforme, sino que tampoco

es uniforme por lo que se refiere a la forma. Existe otra diferencia entre los *sensa* sucesivos, que aquí sólo mencionaré, pero que analizaré más adelante. No se diferencian simplemente en el hecho de que cada uno es una deformación del *sensum* central original. Muchas veces hay algo en los últimos *sensa* a lo que nada correspondía en los primeros *sensa*, y lo mismo a la inversa. Esto constituye la base sensible del hecho que expresamos al decir que, a medida que volvemos la cabeza, «vemos partes nuevas del objeto, mientras que otras partes anteriormente visibles dejan de serlo».

Un último y muy importante punto que debe señalarse es que en el caso que nos ocupa, al invertir exactamente la serie de sensaciones cinestésicas rotativas, invierto exactamente la serie de *sensa*, terminando en un campo igual al campo desde donde empecé, con un *sensum* en su centro igual al *sensum* original. Esto puedo hacerlo todas las veces que quiera, obteniendo siempre los mismos resultados. Además, puedo mover la cabeza de su posición inicial de muchísimas formas, posiciones éstas que distingo por las diferencias características en mis sensaciones cinestésicas rotativas. Cada una de estas formas entraña un objeto sensible no uniforme de la clase descrita; y, a la inversa, cada una me llevará de nuevo a un campo igual al campo desde donde empecé. Mas existen diferencias características de detalle entre los diversos objetos sensibles no uniformes que corresponden a las diversas series de sensaciones cinestésicas rotativas.

2) Cuando estoy quieto y miro a un objeto físico en movimiento observo que *debo* volver constantemente la cabeza si deseo mantener sucesivas apariencias del objeto físico en los centros de mis campos sucesivos. Y esto debo hacerlo con la mayor exactitud. Además, existe una diferencia entre el objeto sensible que siento en este caso y en el anterior. En el caso anterior, si no muevo la cabeza, siento un objeto sensible *completamente* uniforme. En el presente caso el objeto sensible nunca es completamente uniforme ni siquiera en lo que respecta a la posición. Observamos lo siguiente: se produce un gradual aumento o una gradual disminución, o lo uno seguido de lo otro, en los tamaños y profundidades de los *sensa*. Se produce una deformación en sus formas. Se producen variaciones respecto a la claridad. Y, finalmente, los últimos *sensa* tendrán partes a las que nada corresponde en las primeras, y a la inversa.

Supongamos ahora que en un momento determinado ceso de mover la cabeza. Desde ese momento las apariencias sucesivas del objeto físico empezarán a ocupar posiciones diferentes en mis campos sucesivos. Es muy probable que cada una tenga un movimiento sensible en su propio campo. Y esta deformación de los últimos *sensa*, la adición de características nuevas y el abandono de otras antiguas, sufrirá una gran aceleración. En realidad, el objeto físico aparecerá desde ese momento como un objeto sensible extremadamente no uniforme, tanto posicionalmente como en otros aspectos. Al poco tiempo dejará por completo de aparecer en mi historia sensible, es decir, que las últimas partes de la historia sensible serán campos que no contienen *sensa* relacionados con el objeto físico. Cuando esto ocurre,

por regla general, puedo empezar de nuevo, si así lo deseo, a sentir un campo con una apariencia de este objeto físico en su centro. A fin de realizarlo tendré que volver la cabeza de una forma precisa e independiente de mi opción. Y cuando, a la larga, siento otro campo con un *sensum* de la clase requerida en su centro, observaré que dicho *sensum* se diferencia en forma, claridad, profundidad, etc., del *sensum* que estaba en el centro del último campo que sentí antes de dejar de volver la cabeza.

B) Los casos de B se parecen entre sí y se diferencian de los de A por el hecho de que el observador experimenta sensaciones cinestéticas tanto traslativas como rotativas.

1) Si una persona anda y desea mantener la vista en un objeto físico inmóvil tendrá que volver continuamente la cabeza a medida que avanza. Y la cantidad de sensación cinestésica rotativa requerida está correlacionada con la cantidad de sensación cinestésica traslativa experimentada. Siempre que vuelva la cabeza adecuadamente el objeto físico aparecerá en su historia sensible en parte, pero sólo en parte, como un objeto sensible uniforme. Será uniforme en profundidad y claridad, mas también habrá deformación y revelación de partes nuevas. Los *sensa* se encontrarán en los centros de sus campos sucesivos. Si anda y no mueve la cabeza ni los ojos el objeto físico aparecerá en su historia sensible como un objeto sensible en movimiento, y es posible que los *sensa* componentes tengan movimiento sensible en sus respectivos campos. La no uniformidad respecto a la forma adquirirá proporciones mucho mayores que cuando mantiene la vista sobre el objeto físico, y pronto ésta dejará por completo de aparecer en la historia sensible del observador. Después de desaparecer puede sentir de nuevo un campo con un *sensum* del grupo en su centro, siempre que vuelva la cabeza adecuadamente. La cantidad de sensación cinestésica rotativa requerida para este fin estará totalmente determinada por la cantidad de sensación cinestésica traslativa que haya experimentado desde que dejó de volver la cabeza. Por último, el *sensum* que ocupe el centro de su actual campo nunca puede ser exactamente igual al que ocupaba el centro del campo que sentía al dejar de volver la cabeza. Habrá diferencias de forma, profundidad, claridad, etc.; y habrá partes a las que nada correspondía en el último *sensum*, y a la inversa.

Evidentemente, desde el punto de vista visual, existe una estrecha analogía entre B 1) y A 2), es decir, entre las experiencias visuales de un observador en movimiento que mira a un objeto inmóvil y las experiencias de un observador que permanece quieto, que mira a un objeto en movimiento. Existe también una similitud parcial entre las sensaciones cinestésicas rotativas, ya que ambos están obligados a volver continuamente la cabeza en una forma determinada a fin de mantener las apariencias del objeto físico en los centros de sus campos sucesivos. La diferencia es que en A 2) la sensación cinestésica rotativa que se requiere es totalmente independiente de la volición del observador, mientras que en B 1) es indirectamente dependiente de su volición. En principio, depende sólo de la cantidad y clase de

sus sensaciones cinestésicas traslativas; pero éstas, a su vez, dependen de la voluntad del observador, ya que no puede andar según su deseo. Esta laguna, no obstante, está cubierta por el caso de observadores cuyos cuerpos son trasladados en trenes, automóviles, etcétera. Los movimientos de éstos no entrañan sensaciones cinestésicas traslativas, y aquí la analogía entre B 1) y A 2) resulta prácticamente total. Hechos tales como esta analogía constituyen la base del concepto de la relatividad del movimiento físico.

2) Cuando un observador se mueve en diversas direcciones y mantiene la vista sobre un objeto físico en movimiento podrá observar que la naturaleza y cantidad de sensación cinestésica requerida están determinadas en parte, pero sólo en parte, por sus sensaciones cinestésicas traslativas. A veces tendrá que volver la cabeza más de prisa y a veces menos de prisa que si estuviera andando en la misma dirección y mantuviera la vista sobre un objeto físico inmóvil. Si retrocediera haciendo el mismo recorrido que antes, sería inútil que repitiera los mismos movimientos de cabeza que hizo en la primera ocasión. Si lo hiciera, lo más probable es que el objeto físico no apareciera más en su historia sensible, e, incluso si apareciese, no aparecería en forma de un objeto sensible cuyos *sensa* sucesivos ocuparon los centros de los campos sucesivos del observador.

Señalemos un punto importante sobre estos casos B. En ellos el observador experimenta tanto sensaciones cinestésicas traslativas como rotativas. Ahora bien, éstas constituyen pares de series correlacionadas de la forma siguiente: las apariencias sucesivas de un objeto físico pueden mantenerse en los centros de los campos sucesivos de una persona mediante una variedad infinita de formas diferentes, entrañando todas ellas diferentes combinaciones de sensaciones cinestésicas traslativas y rotativas. Tomemos en primer lugar un objeto físico inmóvil. α) Sus sucesivas apariencias visuales pueden mantenerse en los centros de los campos visuales sucesivos de una persona volviendo adecuadamente la cabeza, y que luego permanezca sin mover la cabeza ni el cuerpo. β) Un resultado parecido (si bien no idéntico) puede producirse al andar de innumerables formas diferentes, volviendo al mismo tiempo la cabeza continuamente en formas correlacionadas. Por último, γ) Existe una sola y única forma de andar sin volver la cabeza, que puede producir resultados similares, aunque, naturalemente, esta forma puede efectuarse a diferentes velocidades. Esto es lo que llamamos «andar directamente hasta el objeto». α) y γ) son dos casos extremos del gran grupo comprendido en β). Debe tenerse en cuenta que las diversas combinaciones de sensaciones cinestésicas traslativas y rotativas correlacionadas no tienen resultados exactamente iguales acerca del objeto sensible mediante el cual aparece el objeto físico en la historia sensible del observador. El método α) proporciona un objeto sensible completamente uniforme. Cada uno de los métodos de β) proporciona un objeto sensible un tanto diferente. Todos estos objetos sensibles son no uniformes en forma y profundidad, ya que los diferentes *sensa* componentes tendrán diferentes profundidades en sus respectivos campos.

Además, siempre existe esa diferencia entre los *sensa* sucesivos que describimos al decir que «vemos partes nuevas y dejamos de ver algunos que veíamos antes». Finalmente, el método proporciona un objeto sensible que es uniforme, en el sentido de que no existe deformación alguna entre los sucesivos *sensa* que lo constituyen. Pero cada uno de estos *sensa* tiene un tamaño mayor y una profundidad menor que el anterior, al mismo tiempo que se produce un aumento progresivo en claridad. No obstante, puede existir la diferencia que expresamos al decir que los primeros *sensa* «revelan partes del objeto físico que dejan de ser reveladas por los *sensa* posteriores».

Cabe hacer observaciones algo parecidas respecto a la correlación entre sensaciones cinestésicas rotativas y traslativas al mirar un objeto físico en movimiento. Mas existen ciertas diferencias. α) Sus apariencias sucesivas *no pueden* mantenerse en los centros de nuestros sucesivos campos si no andamos ni volvemos la cabeza. β) Si optamos por hacer ambas cosas, existen innumerables combinaciones que proporcionan la clase de objeto sensible requerido. Pero las sensaciones cinestésicas rotativas que deben combinarse con un grupo dado de sensaciones traslativas con este fin no son las mismas que las que deberían combinarse si estuviéramos mirando a un objeto inmóvil. En realidad, no puede establecerse una norma general de correlación sin introducir un factor adicional, o sea, el movimiento del propio objeto físico. γ) Existe una forma única de mantener las sucesivas apariencias de un objeto físico en movimiento en los centros de nuestros campos sucesivos sin volver continuamente la cabeza, y ésta es, naturalmente, andando paralelamente a su línea de movimiento a una velocidad adecuada. La serie particular de sensaciones cinestésicas que para ello se necesitan varía de acuerdo con el movimiento del objeto físico que se esté mirando. Mediante el método γ), y sólo mediante él, puede parecernos un objeto físico en movimiento como un objeto sensible completamente uniforme.

Existe, por tanto, una estrecha similitud entre los casos A 1) y B 2) γ). Por lo que se refiere al objeto visual, ambos son exactamente iguales. La diferencia es que en A 1) un objeto sensible completamente uniforme requiere la ausencia total de ambas sensaciones cinestésicas, mientras que en B-2) γ) requiere una serie característica de sensaciones cinestésicas traslativas. La laguna aquí está cubierta en cierta medida como en la analogía entre A 2) y B 1), por el hecho de que el cuerpo del observador puede ser trasladado paralelamente a otro objeto físico sin que aquél realice esfuerzo alguno. Esto ocurre, por ejemplo, cuando un observador que está en un tren mantiene la vista en una ventana determinada del vagón, moviéndose a la misma velocidad y en la misma dirección sobre una línea paralela. Este es otro factor sensible que se encuentra a la base del concepto de la relatividad del movimiento físico.

b) Resumen de los hechos educidos en la última subdivisión

Hemos examinado las experiencias sensibles, tanto visuales como cinestésicas, que hacen que un observador diga a veces que está quieto y mira a un objeto inmóvil, o que está quieto y mira a un objeto en movimiento, o que se mueve y mira a un objeto inmóvil u otras veces que se mueve y mira a un objeto en movimiento. La conclusión general de mayor importancia a la que podemos llegar es que en todos esos casos existe una mezcla de arbitrariedad y coacción, y que el carácter particular de esta mezcla es lo que nos lleva a formular bien uno u otro de estos cuatro tipos de criterio.

1) Siempre puedo, si así lo deseo, sentir una serie de campos visuales, que contenga cada uno en su centro una apariencia de un objeto físico dado. 2) Siempre puedo, si así lo deseo, sentir una serie de campos en los que apariencias sucesivas de un objeto físico dado ocupen progresivamente posiciones sensibles cada vez menos parecidas. Pero 3) una vez que he decidido qué clase de objeto sensible deseo sentir, a mis sensaciones cinestésicas se *imponen* condiciones que simplemente debo aceptar. Y estas condiciones impuestas varían según los casos. Algunas veces debo mantener mi cuerpo y cabeza quietos si deseo sentir un objeto sensible completamente uniforme; otras veces debo mover el cuerpo para poder obtener dicho resultado. En este caso no puedo mover el cuerpo a mi antojo; sólo una forma determinada de movimiento asegurará el resultado apetecido en un caso dado, y la forma adecuada de movimiento varía según los casos. Así, pues, 4) existen varias mezclas de sensaciones cinestésicas rotativas y traslativas que hacen que el objeto físico aparezca como un objeto sensible *parcialmente* uniforme con sus *sensa* sucesivos en los centros de mis campos sucesivos. Pero 5) el objeto sensible no será uniforme en profundidad, forma, claridad, etc. Y 6) no toda mezcla de sensaciones cinestésicas traslativas y rotativas proporciona este resultado. Si decido arbitrariamente experimentar una serie determinada de sensaciones cinestésicas traslativas la cantidad y velocidad de sensaciones cinestésicas rotativas siempre estarán determinadas parcial, o totalmente, por las series primeras. Pueden hacerse las mismas observaciones, *mutatis mutandis*, si decidimos arbitrariamente experimentar una serie determinada de sensaciones cinestésicas rotativas. 7) Algunas veces, cuando deliberadamente nos limitamos a sensaciones cinestésicas rotativas, es decir, cuando deliberadamente permanecemos quietos y volvemos simplemente la cabeza, observamos que cuantas veces invertimos completamente la serie una apariencia cualitativamente no cambiada del objeto físico ocupa el centro de nuestro último campo visual. En otras ocasiones observamos que, si hemos vuelto una vez la cabeza y de este modo hemos dejado de sentir una apariencia de un determinado objeto físico en el centro de nuestro campo, la mera inversión de la serie original de sensaciones cinestésicas rotativas no será suficiente para restaurar un campo análogo. En tales casos la cantidad y clase de sensación cines-

tésica rotativa requerida para este fin son independientes de nuestra voluntad y varían según el objeto de que se trate. 8) Cuando, a pesar de todos nuestros esfuerzos, el objeto físico no aparece en nuestra historia sensible visual como un objeto sensible completamente uniforme, la clase de no uniformidad en profundidad, forma, claridad, etc., que expone es independiente de nuestra voluntad. Esto está determinado *en parte* por la particular mezcla de sensaciones traslativas y rotativas que hemos escogido en todo el grupo que mantiene las apariencias sucesivas en los centros de los campos sucesivos. Por regla general, esto no está *totalmente* determinado por dicha mezcla, sino por otro factor completamente independiente de nosotros. Este otro factor es lo que llegamos a conocer como «el movimiento físico del cuerpo al que estamos mirando».

Lo que se encuentra a la base de nuestra distinción entre «movimiento y quietud físicos objetivos» y «movimiento y quietud sensibles subjetivos» es precisamente esta mezcla de opción arbitraria y la coacción externa que de ella se deriva. A continuación examinaremos más ampliamente esta importante cuestión, analizando algunos casos especiales a los que ahora sólo nos hemos referido incidentalmente.

c) Sucesivas apariencias sensibles de objetos físicos coexistentes

Ya hemos visto que cuando un objeto físico se aleja de nosotros mientras permanecemos quietos y mantenemos la vista en él, nunca aparece en nuestra historia sensible como un objeto sensible *completamente* uniforme, aunque sus sucesivas apariencias estén en los centros de nuestros campos sucesivos. No me interesa ahora la no uniformidad del objeto sensible respecto a la profundidad o claridad, como tampoco me interesa ahora la clase de no uniformidad que puede describirse como «deformación» de las sucesivas apariencias en comparación con la apariencia en algún campo *standard* de la historia sensible, es decir, la clase de variación que se produce en las sucesivas apariencias de la superficie superior de un penique a medida que se aleja de nosotros mientras mantenemos la vista en él. Lo que me interesa examinar es la clase de cambio que describimos al decir que, a medida que pasa el tiempo, vemos partes del objeto que antes no podíamos ver y dejamos de ver partes del mismo que antes podíamos ver.

Por lo que se refiere a nuestros *sensa* visuales, no existe dificultad alguna para describir tales experiencias. Sentimos una serie de *sensa* que tienen suficiente continuidad entre sí para poder ser considerados como secciones sucesivas de un solo objeto sensible. Mas, a pesar de que *sensa* adyacentes de la serie difícilmente pueden distinguirse en cualidad, los que separa cierta distancia difieren en lo siguiente: el primero tiene algunas partes a las que nada corresponde en el último, y el último tiene algunas partes a las que nada corresponde en el primero. En realidad, el problema es el siguiente: estos *sensa*

son *sucesivos;* cuando el último está presente el primero ha pasado. Pero suponemos que la parte del primero a la que nada corresponde en el segundo y la parte del segundo a la que nada corresponde en el primero son apariencias de partes *coexistentes* del objeto físico. ¿Por qué afirmamos la coexistencia física sobre la base de una sucesión sensible? Teniendo en cuenta que las partes espaciales de los objetos físicos son de por sí objetos físicos, y que las partes espaciales de los *sensa* son de por sí *sensa,* podemos generalizar el problema como sigue: ¿Bajo qué condiciones dos *sensa sucesivos* justifican el que afirmemos la existencia de dos objetos físicos *contemporáneos?*

Esta cuestión es, naturalmente, equivalente en sus grandes líneas a una cuestión muy famosa, discutida por Kant en su *Analítica de principios* y en su *Crítica de la razón pura.* Considero que Kant acertó en una parte muy importante de la respuesta, pero también considero que ello comporta otros factores importantes además del que él señala. Por otra parte, el sabio de Koenigsberg no contaba entre sus muchos méritos el de claridad de exposición, por lo que realmente merece la pena examinar de nuevo toda la cuestión. Tomemos un ejemplo muy sencillo y concreto. Desde donde estoy sentado, si miro directamente frente a mí, el centro de mi campo visual está ocupado por una apariencia de un cuadro determinado. El resto del campo consiste, casi en su totalidad, de un fondo de color crema, que es una apariencia de la pared. En este campo no se halla en lugar alguna una apariencia de la puerta. Si vuelvo la cabeza lo suficientemente hacia la izquierda siento un campo cuyo fondo general es muy parecido al del primero, pero en el centro de éste hay una apariencia de una puerta, y en ningún lugar del mismo hay una apariencia del cuadro. Desde donde estoy sentado es imposible que estos dos objetos físicos estén representados por apariencias visuales simultáneas en un solo campo. Sin embargo, lo considero como existentes, aunque sus apariencias son siempre sucesivas.

Ahora bien, en primer lugar, ¿qué es lo que realmente profesa afirmar mi criterio de coexistencia? No creo que signifique que la parte de la historia del cuadro que aparece ante mí cuando miro en una dirección y la parte de la historia de la puerta que aparece ante mí cuando miro en la otra dirección sean contemporáneas. Si los objetos físicos existen y perduran deberán ser ramales de historia, del mismo modo que los objetos sensibles, es decir, deben ser prolongados en el tiempo. Y un *sensum* es probablemente una apariencia de un breve fragmento de la historia de un objeto físico. Ahora bien, dejando aparte las dificultades acerca de la velocidad de la luz, parece justo suponer que *sensa* sucesivos son apariencias de fragmentos sucesivos de una historia física; y creo que siempre suponemos esto cuando no existen razones especiales que nos hagan pensar lo contrario. Por tanto, el criterio de que el cuadro y la puerta coexisten, si bien sus apariencias son sucesivas, no quiere decir que las apariencias sucesivas revelen fragmentos contemporáneos de sus respectivas historias. Lo que quiere decir es lo siguiente: la historia del

cuadro ha continuado mientras yo me he vuelto hacia la puerta; y, cuando la puerta aparece ante mí, existe una fracción de la historia-cuadro contemporánea de la fracción de la historia-puerta que aparece ahora ante mí, y prácticamente indistinguible en cualidad de la fracción de historia-cuadro que apareció ante mí cuando miré por última vez en dirección al cuadro. A la inversa, la historia-puerta se prolonga hacia atrás desde la fracción que ahora aparece ante mí; y una fracción de aquélla es contemporánea de una fracción de la historia-cuadro que apareció ante mí cuando miré anteriormente al cuadro. Así, pues, lo que en realidad afirmamos es que la historia-cuadro se prolonga hacia adelante durante algún tiempo sin que prácticamente exista variación cualitativa alguna después del último fragmento que apareció ante mí, y que la historia-puerta se prolonga hacia atrás durante algún tiempo sin que prácticamente exista variación cualitativa alguna antes del primer fragmento que apareció ante mí.

Como ya he dicho, no afirmo ser capaz de *demostrar* que tales suposiciones sean *siempre* ciertas. Si alguien dice que la existencia de largos ramales de historia física con una naturaleza casi uniforme no se desprende de la *mera* existencia en determinados momentos de *sensa-cuadro* y en otros de *sensa-puerta*, estaré totalmente de acuerdo con él. Lo único que puedo decir es que todo lo que en realidad hacemos es suponer que los *sensa* son apariencias de breves fragmentos de cosas que duran más que nosotros, y que no podemos rechazar esta suposición ni deshacernos de ella en la práctica ni dar un paso sin ella. No obstante, lo que podemos hacer es formular las condiciones especiales bajo las cuales sostenemos que los *sensa* sucesivos son apariencias de objetos físicos coexistente (en el sentido definido más arriba), y mostrar que, dentro de la suposición general que acabamos de mencionar, estas condiciones son razonables.

Siempre que miro en una dirección determinada observo que durante un largo período de tiempo siento un objeto-cuadro sensible prácticamente uniforme. Además, puedo mirar hacia otro sitio y luego mirar en la misma dirección, después de toda clase de intervalos diferentes, y sigo encontrando un objeto sensible análogo. Pueden hacerse las mismas observaciones, *mutatis mutandis*, respecto al objeto sensible mediante el cual la puerta parece ante mí. Teóricamente, existen cuatro posibilidades: 1) El acto de mirar en una dirección determinada es una condición suficiente, así como necesaria, para proporcionar un campo con un *sensum-cuadro* en el centro. 2) La aparición, en un momento determinado, de un campo con un *sensum-cuadro* en el centro es una condición necesaria y suficiente de mi acto de volver la cabeza en dicho momento en una dirección determinada. 3) Se produce un determinado acontecimiento que *a)* hace que me vuelva en la dirección dada siempre que se produce, y *b)* produce al mismo tiempo el *sensum-cuadro*. 4) El hecho de volver la cabeza y el hecho de que se produzca el *sensum* cuando me vuelvo son los resultados de dos series causalmente independientes.

En primer lugar, expondremos ejemplos conocidos de estas di-

versas posibilidades. Supongamos que en un día determinado paso varias veces por un edificio determinado, a diversos intervalos, y que cada vez que paso me cae un ladrillo en la cabeza. Las razones pueden ser: 1) Que el hecho de pasar afloje uno de los ladrillos, el cual no hubiera caído de no haber yo pasado; o 2) Que, cuando veo uno de los ladrillos a punto de caer, la cosa me interesa tanto que me dirijo al lugar al cual no hubiera ido en otras circunstancia; o 3) Que me dirijo a dicho lugar cuando y solamente cuando uno de los obreros que trabaja allí me llama, el cual tira un ladrillo cuando y solamente cuando he llegado allí, porque él es un «proletario consciente» y a mí me considera un «lacayo de la burguesía»; o 4) Que mis visitas al lugar y la caída de los ladrillos pertenecen a series causalmente independientes. Ahora puedo descartar las tres primeras posibilidades al reflexionar sobre los hechos. Puedo saber que no peso tanto como para aflojar ladrillos cuando paso por la acera. Puedo saber que no he ido a dicho lugar porque ví que uno de los ladrillos estaba a punto de caer y puedo saber que ningún obrero me ha llamado para tirarme ladrillos. Es posible que pueda explicar por qué he pasado por dicho lugar en cada ocasión, sin tener que referirme a lo que estaba ocurriendo allí.

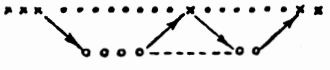
Suponiendo que esto efectivamente sea así, sólo una explicación sobre los hechos sería razonable, o sea, que es muy probable que durante la mayor parte del día estuvieron cayendo ladrillos. Difícilmente puede creerse que cada una de mis visitas a dicho lugar coincidiera precisamente con la caída de un ladrillo, dando por supuesto que las causas de las visitas y de la caída de los ladrillos son completamente independientes, a no ser que cayeran muchos más ladrillos de los que yo sería capaz de «evitar». Apliquemos ahora este argumento a la apariencia sensible del cuadro y de la puerta. Indudablemente, el mero hecho de mirar en una dirección dada no es suficiente para proporcionar un *sensum* particular en el centro de mi campo visual, ya que puedo mirar otras veces en esa misma dirección y no sentir tal *sensum* (por ejemplo, si alguien ha cambiado el cuadro de lugar). Es también indudable que la aparición del *sensum* no hace que yo vuelva la cabeza en esa dirección; por el contrario, a menudo vuelvo la cabeza simplemente por ver si siento de nuevo la misma clase de *sensum* que antes. Y, en general, sé por qué vuelvo la cabeza en cada ocasión, pudiendo observar que mi acto está totalmente determinado por causas que no tienen relación observable con las causas que producen el *sensum* en el centro de mi campo cuando me vuelvo. Por consiguiente, me veo obligado a llegar a la conclusión de que, o bien existe un ramal considerablemente continuo de *sensa-cuadro* muy parecidos, de los cuales siento aquel que precisamente se produce cuando vuelvo la cabeza, o, por lo menos, que existe una corriente considerablemente continua de procesos físicos análogos, cada uno de los cuales es suficiente para producir un *sensum* de la clase requerida cuando quiera que vuelva la vista en la dirección acertada. Cuál de estas dos alternativas debe aceptarse no es cosa que debe preocuparnos por ahora; dejaremos esta cuestión para el

capítulo decimotercero. De acuerdo con ambas alternativas, podemos llegar a la conclusión de que existe un «objeto-cuadro» permanente y prácticamente uniforme, algunos de cuyos fragmentos cubren las lagunas entre mis sucesivos *sensa-cuadro*. Sobre la misma base podemos suponer que existe un «objeto-puerta» permanente y prácticamente uniforme, algunos de cuyos fragmentos cubre las lagunas entre mis sucesivos *sensa-puerta*.

Supongamos ahora que empiezo por mirar al cuadro y que luego vuelvo la vista varias veces entre el cuadro y la puerta, mirando finalmente el cuadro. Sobre la misma base podemos suponer que existe un «objeto-puerta» permanente y prácticamente uniforme, algunos de cuyos fragmentos cubren las lagunas entre mis sucesivos *sensa-puerta*.

Supongamos ahora que empiezo por mirar al cuadro y que luego vuelvo la vista varias veces entre el cuadro y la puerta, mirando finalmente al cuadro. Supondremos que hago esto a diferentes velocidades en diferentes ocasiones, y que a veces fijo la vista durante un tiempo sobre uno de los objetos, sin moverme. Representemos los *sensa-cuadro* mediante pequeñas estrellas, los *sensa-puerta* mediante pequeños círculos y el intervalo de tiempo mediante una dirección de izquierda a derecha. De este modo mi experiencia sensible estará representada en el diagrama que figura más abajo.

Representemos ahora los procesos físicos que aparecen como *sensa-cuadro* mediante puntos, y aquellos que aparecen como *sensa-puerta* mediante pequeñas líneas. Así, el argumento sustraído de la independencia causal, aplicado a ambos objetos, demuestra la justeza de llenar mi experiencia sensible como indico más abajo.



Un argumento algo más peligroso demostraría la justeza de que, en cierta medida, me extrapolarice, o sea, suponer que la historia de la puerta y la historia del cuadro se prolongan hacia atrás una determinada distancia antes de mis primeros *sensa-puerta* y *sensa-cuadro*. Me justificaría también al suponer que la historia de la puerta se prolonga hacia delante durante cierta distancia, después de mi último *sensa-puerta*. Pues, a menos que exista una razón especial que nos haga pensar de otro modo, es muy poco probable que hubiera mirado primero en la dirección de la puerta o del cuadro precisamente cuando empezaron a producirse procesos-puerta o procesos-cuadro. Es asimismo muy improbable que los procesos-puerta dejaran de producirse precisamente cuando volví la cabeza en la dirección-cuadro por última vez. Como todas las extrapolaciones, este argumento es menos sólido que una intrapolación, y su probabilidad

disminuye rápidamente a medida que se prolonga antes del primer *sensum* de una serie o después del último *sensum* de la otra serie.

El argumento en favor de la coexistencia resulta ahora muy sencillo. Entre mi primer y último *sensum-cuadro* existe un fragmento de historia-cuadro. Y entre mi primer y último *sensum-puerta* existe un fragmento de la historia-puerta. Pero mi primer *sensum-puerta* es posterior a mi primer *sensum-cuadro*. Por consiguiente, la historia-cuadro interpolada está completamente sobrepuesta a la historia-puerta interpolada, como muestra el segundo diagrama. Esta es, a mi modo de ver, la verdad, subrayando el confuso argumento de Kant en la *Analítica de principios;* mas ésa es una cuestión puramente histórica por la que no siento interés particular alguno.

Sin embargo, existen, por lo menos, otros dos criterios sobre la coexistencia física respecto a la sucesión sensible. Sólo podremos abordar uno de ellos cuando hayamos examinado nuestro conocimiento sobre nuestros propios cuerpos; en cuanto al otro podemos analizarlo inmediatamente. No estoy obligado a permanecer en un lugar. Es cierto que cuando me siento en mi silla, frente a la mesa, el cuadro y la puerta sólo pueden aparecer sucesivamente en mi historia sensible. Pero, si me muevo hacia atrás al otro extremo de la habitación, puedo sentir un solo campo con un *sensum-cuadro* en el centro y un *sensum-puerta* a la izquierda. Estos *sensa* coexisten, y se parecen mucho a los correspondientes *sensa* en mis campos sucesivos cuando me encontraba más cerca de la pared. Son más pequeños y tienen mayor profundidad; de otro modo, es muy poca la diferencia que existe, entre ellos. A medida que me acerco a la pared donde está colgado el cuadro, manteniendo la vista sobre él, primero siento una serie de campos cada uno de los cuales contiene tanto el *sensum-puerta* como el *sensum-cuadro*. A medida que avanzo el *sensum-puerta* se encuentra cada vez más a la izquierda de su campo, y cada vez más deformado. Finalmente, llega un momento en que el campo no contiene apariencia alguna de la puerta. Las dos clases de *sensa* sólo pueden sentirse sucesivamente. Los *sensa* coexistentes son probablemente apariencias de secciones contemporáneas de dos ramales sobrepuestos de historia física. Y los subsiguientes *sensa* sucesivos se parecen tanto a los primeros simultáneos que resulta razonable suponer que el mismo par de ramales de historia física continúan, y continúan con el tiempo sobreponiéndose, aunque las secciones contemporáneas no puedan aparecer ya en mi historia sensible.

Cabe hacer las mismas observaciones cuando se mira a un objeto físico y se siente gradualmente su superficie. Es cierto que los *sensa* de tacto son sucesivos y, no obstante, considero que me proporcionan información sobre la forma del objeto físico en un momento determinado. Pero también vemos que podemos hacer que los *sensa* de tacto se sigan uno a otro según nuestra voluntad, siempre que partamos de series adecuadas de sensaciones cinestésicas, pudiendo repetir cualquiera de estas series todas las veces que queramos. Al propio tiempo, las apariencias visuales permanecen constantes, y podemos sentir un objeto sensible visual completamente uniforme. Indepen-

dientemente del orden en que sentimos nuestros *sensa* de tacto, éstos están relacionados con una parte de la apariencia visual en el momento correspondiente. Resulta difícil resistir la convicción de que estamos tratando con un ramal uniforme de historia física, y que cada uno de nuestros *sensa* de tacto revela una parte de algún fragmento de aquélla. Efectivamente, los fragmentos revelados por sucesivos *sensa* de tacto son probablemente sucesivos; pero, por otra parte, la uniformidad de los *sensa-objeto* indica que todos son iguales respecto a sus características espaciales. Por ello, lo que llegamos a conocer mediante el tacto sobre las *diferentes partes de fragmentos sucesivos* pueden unirse para indicarnos todo lo que se refiere a *cualquier fragmento en su conjunto*. De nuevo, en este caso existen determinados hechos acerca de nuestras experiencias sobre nuestros propios cuerpos que refuerzan esta interpretación.

d) Un solo observador mirando a dos objetos físicos en movimiento relativo

En la última subdivisión nos referimos a un observador que mira a dos objetos físicos inmóviles relativamente entre sí y respecto al cuerpo del observador, no pudiendo ser vistos los dos a la vez. Consideremos ahora el caso de un observador que mira a dos objetos físicos, los cuales están en movimiento relativo entre sí. Como ya hemos visto, el observador siempre puede hacer que uno de estos objetos físicos como un objeto sensible uniforme, cuyos sucesivos *sensa* son los centros de sus campos sucesivos, siempre que se mueva adecuadamente. Por tanto, podemos simplificar la cuestión suponiendo que uno de los cuerpos aparece en la historia sensible del observador como un objeto sensible completamente uniforme. Supongamos que este cuerpo es A. Puede ocurrir que al principio sienta una serie de campos en que tanto A como el otro cuerpo B aparecen como objetos sensibles. En tal caso observará que B no aparece en la forma de un objeto sensible uniforme. Es muy probable que cada *sensum* del objeto sensible mediante el cual aparece B tenga movimiento sensible en su propio campo. Además, los *sensa* sucesivos de B ocuparán posiciones cada vez más excéntricas en sus campos respectivos y cada vez serán más deformes. Por consiguiente, A y B aparecen al principio como dos objetos sensibles que con el tiempo se sobreponen, es decir, como dos ramales sobrepuestos en la historia sensible del observador. Pero, si tomamos pares sucesivos de fragmentos contemporáneos de los dos ramales, encontraremos una variación progresiva en las respectivas distancias sensibles que los separa. El *sensum a* y el *sensum b* en el campo *c* tienen una determinada distancia sensible *d*. Esta es algo mayor que d_{r-1}, la distancia sensible entre a_{r-1} y b_{r-1} en el campo c_r[1]. Y algo menor que d_{r+1} la distancia sensible entre a_{r+1} y b_{r+1} en el campo c_{r+1}. En realidad, si tomamos juntos dos objetos sensibles de modo que formen una clase de objeto sensible componente de un orden más elevado en la historia sensible del observador, veremos que tiene la clase peculiar de no uniformidad que acabo de describir.

Y esta clase de no uniformidad es característica del movimiento relativo de los objetos sensibles.

Ahora bien, a medida que pasa el tiempo, los *sensa* del objeto sensble B ocuparán posiciones cada vez más excéntricas en sus campos respectivos, hasta que, a la larga, dejan de aparecer *sensa* de la clase B en la historia sensible del observador. Después podrá seguir sintiendo aún apariencias de A y de B siempre que vuelva la cabeza; pero no podrá ya sentirlos en un solo campo: deben sentirse sucesivamente o no pueden sentirse en absoluto. Comparemos ahora esto con los dos casos discutidos en la última subdivisión. 1) Indudablemente, las últimas etapas de este caso tienen un cierto parecido con el anterior, es decir, que en ambos el observador sólo puede sentir apariencias de los dos objetos físicos sucesivamente. Una diferencia importante es que esta situación ha surgido de otra en que el observador podía sentir apariencias de ambos objetos juntos. Y se han producido, *independientemente* del observador, no debiéndose a cambios en la posición corporal que haya efectuado. En el caso anterior, si *empezara* pudiendo sentir apariencias de los dos sujetos en el mismo campo, podría *seguir* sintiéndolas, a menos que se acercara más y deliberadamente a los dos objetos. 2) Es cierto que, en el caso que nos ocupa, si el observador opta por andar hacia atrás lo suficientemente de prisa podrá sentir de nuevo campos sensibles en que aparezcan A y B. Pero, mientras en el caso anterior podría continuar sintiendo las dos apariencias juntas simplemente al andar una determinada distancia hacia atrás y *parándose* allí, ahora encontrará que debe *seguir* andando hacia atrás si desea continuar sintiendo campos en los que aparezcan ambos objetos. Por tanto, está claro que en este caso no hay reversibilidad, debido al efecto de cierta condición externa, la cual no está presente en los casos anteriores. La condición impuesta exteriormente es evidentemente algo de la naturaleza de un *proceso* continuo, con su propia velocidad y dirección, la cual, si debe ser compensada, deberá serlo por otro proceso continuo adecuado en el cuerpo del observador. Puede decirse que la interpretación de este proceso como *movimiento* que es casi inevitable por el hecho de que mientras A y B aparecen bajo la forma de dos objetos sensibles con secciones contemporáneas en cada uno de los campos sucesivos de una historia sensible, entre estos objetos sensibles existe un movimiento relativo, según lo hemos descrito anteriormente. 3) Finalmente, la irrevocabilidad del presente caso, en comparación con la reversibilidad del caso anterior, se manifiesta de otra forma. Cuando traté con dos objetos físicos inmóviles que sólo podía ver sucesivamente siempre podía pasar del campo que contenía una apariencia de A en su centro al campo que contenía una apariencia de B en su centro, y al revés, simplemente invirtiendo mis sensaciones cinestésicas rotativas. Y la cantidad de *vuelta* requerida era completamente independiente de la *velocidad* a que me volvía, o del tiempo en que *fijaba* la vista sobre una antes de volver la vista sobre la otra. En el caso de objetos físicos relativamente en movimiento esta completa reversibilidad desaparece totalmente. En tal caso la situación es la siguiente: si me vuelvo de A a B en un momento determinado una in-

versión del proceso me conducirá invariablemente otra vez a A. Pero, si repito de nuevo el proceso, la cantidad de vuelta será siempre mayor que antes, y mayor será cuanto más tiempo fije la vista en A. Además, si vuelvo la cabeza demasiado despacio no podré ver una apariencia de B; y si vuelvo la cabeza lo suficientemente de prisa entonces cuanto más de prisa lo haga menor será la cantidad de vuelta requerida. Por último, la mínima rapidez requerida estará correlacionada con la rapidez del movimiento relativo entre los objetos sensibles de A y de B, cuando ambos coexisten en mi historia sensible.

e) Rotación

Por no dejar nada de lado, debo decir algo sobre la rotación, pero me limitaré a unas pocas observaciones. El propio lector puede deducir fácilmente los detalles por analogía con lo que hasta ahora hemos expuesto. Hasta aquí hemos supuesto que estábamos mirando a objetos que o bien estaban inmóviles o se movían en el espacio con un movimiento puramente traslativo. Examinemos ahora las experiencias de un observador que permanece quieto y mira a un objeto físico que gira, pero que traslativamente está inmóvil. Dicho observador podrá mantener sus sucesivas apariencias en los centros de sus campos sucesivos sin necesidad de experimentar sensaciones cinestésicas traslativas o rotativas. Pero el objeto sensible, que es la apariencia en su historia sensible del objeto físico que gira distará mucho de ser uniforme. En primer lugar, cada *sensa* puede tener rotación relativa (una cualidad sensible muy peculiar y característica) en su propio campo. Así, pues, aunque las apariencias estrechamente sucesivas serán muy parecidas, siempre habrá una parte de las últimas a las que nada corresponda en las primeras, y a la inversa. En este aspecto el objeto sensible que es la apariencia de un cuerpo que gira, contiene cierta similitud con el objeto sensible mediante el cual aparece un cuerpo que se mueve, pero que no gira, en la historia sensible de un observador que sigue el cuerpo con la vista volviendo la cabeza.

Existe, sin embargo, una importante diferencia. Después de cierto tiempo la serie de *sensa* empezará a repetirse en el mismo orden, produciéndose esto una y otra vez. Podemos decir, por tanto, que un cuerpo que gira, el cual permanece en el mismo lugar y que es mirado por un observador que también permanece inmóvil, aparece en la historia sensible de éste como un objeto sensible *posicionalmente* uniforme, pero *periódico*. Por consiguiente, es posible que un cuerpo que no gira aparezca como un objeto sensible no periódico, y que un cuerpo que gira aparezca como un cuerpo sensible no periódico. Pero, en cada uno de estos casos, el observador tendrá que «andar en torno» al cuerpo, y, a medida que hace esto, volver la cabeza continuamente de manera adecuada. «Andar en torno» a un cuerpo aparece en la experiencia sensible del observador como una serie peculiar de sensaciones cinestésicas. Si desea que un objeto físico que gira aparezca en la forma de un objeto sensible completamente uniforme deberá andar en torno a él a una velocidad determinada, que depende de circuns-

tancias que escapan a su control. De nuevo nos vemos obligados a llegar a la conclusión de que existen procesos externos de cambio relacionados con cambios en nuestras historias sensibles visuales, y que determinadas series de sensaciones cinestésicas indican procesos de cambio de nuestros propios cuerpos que son «equivalentes a aquéllos», en el sentido de que los compensan y proporcionan un objeto sensible uniforme.

f) Resumen de los resultados de esta parte

El punto que más destaca de nuestra exposición sobre las correlaciones entre movimiento y quietud visuales y las sensaciones cinestésicas de un solo observador parece ser el siguiente: 1) Al tratar con un solo objeto físico podemos, generalmente, decidir por voluntad propia si éste ha de aparecer en la forma de un objeto sensible posicionalmente uniforme o posicionalmente no uniforme (es decir, en movimiento). Pero 2) para hacerlo, debemos, a veces, partir de series de sensaciones cinestésicas y debemos, a veces, abstenernos de ello. Algunas veces un objeto físico aparece en mi historia sensible como un objeto sensible uniforme, siempre y cuando me abstenga de iniciar una determinada serie de sensaciones cinestésicas. Si esto es así, aparecerá como un objeto sensible no uniforme cuando parto de tales series, y la naturaleza de la no uniformidad dependerá totalmente de la naturaleza de la serie que opto por seguir. 3) A veces un objeto físico aparecerá en mi historia sensible como un objeto sensible uniforme siempre y cuando inicie una serie determinada de sensaciones cinestésicas. En tal caso la serie adecuada es determinada por mí. Si no experimento uno de los grupos de las series adecuadas, el objeto físico aparecerá como un objeto sensible no uniforme, cuya particular no uniformidad dependerá en *parte*, y *sólo* en parte, de mis sensaciones cinestésicas. Habiendo decidido si deseo que un objeto físico aparezca como un objeto sensible uniforme o no uniforme, debo aceptar determinadas condiciones impuestas sobre mí. Y estas condiciones varían según los casos. 4) Una serie de sensaciones cinestésicas que yo experimento son probablemente una apariencia de un determinado proceso de cambio en mi cuerpo. Tengo conocimiento de que este proceso es *una* condición que origina no uniformidad de objetos sensibles en mi historia sensible, ya que en muchos casos puedo sentir un objeto sensible uniforme, siempre que me *abstenga* de experimentar sensaciones cinestésicas, transformándose en un objeto sensible no uniforme *en cuanto* empiezo a experimentar tales sensaciones. A la inversa, sé que en otros muchos casos los objetos sensibles tienen la misma clase de no uniformidad cuando *no* experimento sensaciones cinestésicas, y que esta no uniformidad puede ser eliminada si *inicio* una serie adecuada de sensaciones cinestésicas. Por tanto, parece razonable suponer que el otro grupo de condiciones, a las que debo atenerme, constituye un proceso del mismo carácter general que el que tiene lugar en mi propio cuerpo y que se manifiesta a través de mis sensaciones cinestésicas. En realidad, parece probable que la unifor-

midad o no uniformidad posicional del objeto sensible mediante el cual aparece ante mí un objeto físico, depende en general de la cooperación de *dos* grupos de procesos físicos, uno en mi cuerpo y el otro en el objeto físico; y que este último proceso tiene el mismo carácter general que el primero, el cual llego a conocer mediante mis sensaciones cinestésicas. 5) Naturalmente, queda por esclarecer si estos procesos pueden considerarse como *movimientos* y, en tal caso, en qué Espacio y en qué Tiempo tienen lugar. Por ahora, todo lo que podemos hacer es formular la siguiente sugerencia: dos objetos físicos diferentes aparecen a menudo como dos objetos sensibles temporalmente sobrepuestos a todo lo largo de una gran parte de mi historia sensible. Uno de ellos puede ser posicionalmente uniforme y el otro no serlo; si esto es así, uno de los objetos sensibles estará en movimiento sensible relativo respecto al otro. Supongamos que A es el objeto físico que aparece como un objeto sensible uniforme α; y supongamos que B, el otro objeto físico, aparece en mi historia sensible como el objeto sensible no uniforme β. De acuerdo con lo anteriormente dicho, puedo llegar a la conclusión de que la uniformidad de α depende de determinados procesos (o, en el caso límite, de la ausencia de tales procesos) en mi cuerpo y en A. Del mismo modo, la no uniformidad posicional de β depende conjuntamente de determinados procesos en mi propio cuerpo y en B. Teniendo en cuenta que el proceso en mi cuerpo es común a ambos, no es improbable que deba existir una diferencia entre el proceso en A y el proceso en B; de lo contrario, no existe razón aparente alguna por la que α deba ser uniforme y β no uniforme. Por tanto, una *diferencia* entre los procesos en A y en B está correlacionada con un *movimiento relativo* sensible entre α y β, siendo éstos los dos objetos sensibles mediante los cuales aparecen A y B en este trozo de mi historia sensible. A la inversa, si A y B hubieran aparecido como objetos sensibles uniformes, un argumento análogo mostraría que no hay razón alguna para suponer que existe alguna diferencia entre los correspondientes procesos físicos en A y en B. Por consiguiente, la *relativa quietud* sensible entre α y β, siendo éstos los objetos sensibles mediante los cuales aparecen A y B en este trozo de mi historia sensible, estará correlacionada con procesos *idénticos* en A y en B.

Hasta aquí podemos llegar sin entrar en mayores detalles sobre el cuerpo humano como objeto físico, y nuestros conocimientos sobre el mismo. Cuando abordemos estas cuestiones veremos que la conclusión general 4) y la conclusión de carácter más especial relativa a que los procesos físicos de los que depende la uniformidad o no uniformidad de los objetos sensibles visuales tienen naturaleza de movimientos, son ampliamente reforzadas. Por tanto, haremos de esto el tema de nuestro siguiente apartado.

EL CUERPO HUMANO COMO OBJETO FISICO

Los cuerpos humanos pueden ser, como se nos dice, «templos del Espíritu Santo»; en cuyo caso debe admitirse que la Tercera Persona de la Santísima Trinidad a veces demuestra tener un gusto extraño en la elección de sus templos. Pero, independientemente de lo que *puedan ser* además de esto, es indudable que *son* objetos físicos, en la misma medida en que lo son las sillas y las mesas. Sin embargo, los cuerpos ocupan una posición peculiar entre los objetos físicos. En primer lugar, cada uno está relacionado de una forma absolutamente única con una mente observadora, que mira al resto del mundo desde su cuerpo. En segundo lugar, cada una de estas mentes tiene un conocimiento peculiar de su propio cuerpo, que no tiene de cualquier otro cuerpo en el Universo. Una mente dada percibe cualquier otro cuerpo excepto el suyo exactamente de la misma forma en que percibe una silla o una patata. Su propio cuerpo lo percibe en parte de esta forma, y en parte de una forma completamente diferente, o sea, mediante sensaciones orgánicas. Por último, las mentes relacionadas con diversos cuerpos humanos pueden comunicar y se comunican constantemente entre sí, de tal modo que el observador A llega a saber que el observador B percibe el cuerpo de B de la misma forma en que A percibe su propio cuerpo. A llega también a saber que B no puede percibir el cuerpo de A de esta forma, como él tampoco puede percibir el cuerpo de B de esta forma. Considero que estas peculiaridades de los cuerpos humanos y de nuestro conocimiento sobre los mismos son factores esenciales para el establecimiento de las nociones de sentido común y científicas sobre los objetos físicos y para el desarrollo de los conceptos de Espacio, Tiempo y Movimiento físicos.

a) Percepción de su propio cuerpo por un observador solitario

1) No sé gran cosa sobre mi propio cuerpo directamente a través de la vista, pero sí sé algo. No puedo ver mi propia cabeza, si bien con ayuda de un espejo puedo ver un objeto óptico incompleto en un lugar diferente, y puedo llegar a la conclusión, sobre la base de diversos factores, de que éste se parece mucho al componente óptico de mi cabeza. Puedo ver el frente de mi tronco desde un poco más abajo de la barbilla; puedo ver mis manos y mis pies, a menudo muy claramente; y puedo ver menos claramente las parte superiores de mis brazos. La mayor parte de la apariencia visual de esa fracción de mi cuerpo que aparece en el campo visual es muy vaga y deforme.

Existen dos puntos importantes sobre las apariencias visuales de mi tronco que deben señalarse. 1) Aunque fragmentarias, están casi invariablemente presentes en mi historia sensible visual. Para sentir un campo visual sin tales *sensa*, debo seguir el consejo dado a la «feliz partida de peregrinos» y «mirar hacia los cielos», en una forma nada natural e incómoda. En realidad, mi propio tronco aparece ante mí como un objeto sensible visual extremadamente uniforme y extre-

madamente permanente. Siempre que realizo una serie de sensaciones cinestésicas traslativas, la mayor parte del contenido de mis últimos campos no tiene parecido alguno con el de mis campos anteriores. Pero las apariencias visuales de mi cuerpo están presentes todo el tiempo con pequeñas variaciones. 2) La otra peculiaridad es que todas las apariencias visuales de mi tronco tienen muy poca profundidad visual en todos los campos. Se encuentran en el «frente» extremo de cada campo, y las apariencias visuales de todos los demás objetos físicos que se encuentran «detrás» de aquéllos en el campo visual a diversas profundidades.

Ahora bien, respecto a los otros objetos que aparecen en mi historia sensible visual, debo ser sujeto de una determinada serie de sensaciones cinestésicas traslativas antes de poder sentir *sensa* de tacto correlacionado. A medida que progresa esta serie las profundidades visuales de los *sensa* sucesivos, que juntos forman el objeto sensible, disminuyen gradualmente en cada campo sucesivo. Pero, como ya he dicho, las apariencias visuales de mi propio cuerpo tienen prácticamente una constante profundidad mínima en todos mis sucesivos campos visuales. Por tanto, cuando ando hasta un objeto físico inmóvil hay dos objetos sensibles que coexisten a todo lo largo de este trozo de mi historia sensible. Uno es el objeto sensible mediante el cual aparece el objeto físico distante. Este es posicionalmente no uniforme, siempre que los *sensa* sucesivos que le pertenecen disminuyan progresivamente en profundidad en sus respectivos campos. Existen también variaciones correlacionadas respecto a la forma, claridad, etc. El otro es el objeto sensible mediante el cual aparece mi propio cuerpo en mi historia sensible. Este es prácticamente uniforme, ya que todos sus sucesivos *sensa* tienen una profundidad visual mínima. Por consiguiente, los pares sucesivos de *sensa* contemporáneos, uno de un objeto sensible y el otro del otro, están separados por distancias visuales progresivamente más pequeñas. Así, pues, la serie de sensaciones cinestésicas traslativas, experimentadas al andar hasta un objeto físico externo, está asociada con un movimiento sensible relativo entre el objeto sensible que representa el cuerpo externo y el objeto sensible que es la apariencia de mi propio cuerpo en mi historia sensible visual.

2) Mis sensaciones de tacto de mi propio cuerpo son peculiares. *a)* Como ya he dicho, la mayor parte de los objetos físicos que aparecen en mi historia sensible visual pueden tocarse únicamente después de una serie adecuada de sensaciones cinestésicas traslativas. Si esta serie es invertido pronto dejamos de poder sentir *sensa* de tacto correlacionados con nuestros *sensa* visuales. Pero no necesitamos andar para tocar nuestros propios cuerpos; y, una vez que los hemos tocado, no dejamos de poder hacerlo al trasladarnos a otro sitio. En realidad, todos los demás objetos sensibles tangibles están íntimamente vinculados a series de sensaciones cinestésicas tralativa; pero el objeto sensible tangible que representa mi cuerpo es indiferente a tales series. Esto debe estar correlacionado con el hecho de que las sensaciones cinestésicas traslativas no influyen en las profundidades de sucesivas apariencias visuales de nuestros propios cuerpos, mientras que sí in-

fluyen en las profundidades de las sucesivas apariencias visuales de casi todos los demás objetos físicos. Mi tronco es el *único* objeto físico que aparece a lo largo de *toda* mi historia sensible visual como un objeto sensible posicionalmente uniforme; y es el único objeto sensible que puedo tocar siempre que lo desee, es decir, hasta el que no necesito andar y del que no puedo apartarme.

b) Los *sensa* tangibles que siento cuando toco mi propio cuerpo son característicamente diferentes de los que siento cuando toco cualquier cuerpo extraño. Supongamos que en cada uno de dos campos visuales sucesivos de mi historia hay una apariencia de mi mano. Supongamos que en el primero la apariencia está en contacto visual con una apariencia de mi mesa, y en el segundo en contacto visual con una apariencia de mi pierna. Aparte de diferencias cualitativas insignificantes, existirá la diferencia fundamental de que en el segundo caso «siento que mi pierna está siendo tocada» y «siento mi pierna con mi dedo». Esta peculiar experiencia de «doble contacto», como se llama, me ayuda a distinguir la superficie de mi propio cuerpo de la superficie de otros objetos físicos. También ayuda al solitario observador a completar el conocimiento extremadamente fragmentario de su propio cuerpo que tendría si se limitara únicamente a apariencias visuales. Puede sentir una superficie cerrada, mostrada por la característica de doble contacto, pudiendo gradualmente explorar su contorno. Sólo una cantidad muy reducida de estos *sensa* de tacto estarán correlacionados con sus *sensa* visuales. Pero yo puedo empezar por una apariencia de mi mano visiblemente en contacto con una apariencia visual de alguna parte de mi tronco, pudiendo gradualmente mover mi mano de tal modo que sus apariencias sucesivas en campos sucesivos se aproximen cada vez más al borde extremo de la apariencia de mi tronco. A la larga, no podré ya ver mi mano, pero seguiré sintiendo los *sensa* de tacto característicos, y existirá una continuidad entre estos y los anteriores que *estaban* relacionados con la apariencia visual de mi mano visiblemente en contacto con la apariencia visual de parte de mi tronco. Finalmente, a medida que sigo moviendo mi mano, ésta puede hacerse visible otra vez; y su apariencia visual estará de nuevo en contacto visible con el borde extremo de una apariencia visual de una parte de mi tronco. Por tanto, conozco mi propio cuerpo, mediante exploración tangible, como una superficie cerrada que se resiste a mis esfuerzos de penetrar en ella, como ocurre con cualquier otro objeto físico. Pero se distingue de las otras superficies cerradas que puedo sentir por la peculiaridad cualitativa de los *sensa* de tacto y por el hecho de que no tengo que andar hasta él y que no puedo alejarme de él.

3) Finalmente llegamos a una peculiaridad de extremada importancia de nuestra experiencia sensible de nuestros propios cuerpos. Yo obtengo constantemente ligeras sensaciones de tacto de toda la superficie de mi cuerpo sin explorarlo activamente con mi mano. Estas sensaciones son originadas por el contacto de mi ropa, por corrientes de aire, etc. En cada Presente lato forman una masa que es la parte mayor de lo que llamaré *campo somático*. Estos campos somáticos son muy

parecidos durante largos períodos de tiempo; de este modo se unen para formar conjuntamente un *objeto sensible somático* extremadamente uniforme. Dentro de cada campo somático destacan determinados *sensa característicos;* por ejemplo, en un momento puede picarme en un sitio, y en otro momento puedo sentir una quemadura en otro sitio, etc. Ahora bien, literalmente «dentro» de los campos somáticos se producen de tiempo en tiempo sentidos corporales que destacan, como dolores de cabeza, dolores de muelas y dolores de estómago, que estimulan mi historia somática e impiden que sea totalmente dócil y uniforme. Además, mis sensaciones cinestésicas son procesos sensibles situados en determinados lugares en mis campos somáticos. Así, pues, una peculiaridad de mi cuerpo es que tengo percepción sensible de procesos que se producen en su *interior,* así como de procesos que se producen fuera del mismo. Naturalmente, percibo los procesos en el interior de mi cuerpo de una manera muy peculiar, o sea, mediante sensaciones cinestésicas, dolores corporales, etc. Pero no capto el interior de *otros* cuerpos mediante percepción sensible alguna, a no ser, naturalmente, que los abra o «los vuelva del revés». Y si hago esto no percibo su interior mientras era interior, sino que únicamente percibo nuevos exteriores, que, por diversas razones, considero exactamente iguales a los interiores *primitivos.*

b) Varios observadores comunican entre sí mirando recíprocamente a sus cuerpos

Si yo fuera y hubiera sido siempre un observador solitario, estos hechos sobre mi cuerpo no constituirían una gran ayuda para formarme un concepto de los objetos físicos, tanto interiores como exteriores, ocupando posiciones en el Espacio físico y moviéndose en todas direcciones a medida que transcurre el Tiempo físico. Consideraría más provechoso señalar las diferencias entre mi propio cuerpo y todos los demás cuerpos que aparecen ante mí, zanjando ahí la cuestión. Pero yo no me encuentro en esta situación solitaria. Lo importante es que hay otras personas como yo, cuyos cuerpos puedo ver y tocar, y con quienes puedo cambiar impresiones oralmente y con gestos. Estoy totalmente convencido de que este hecho juega un papel de importancia vital tanto para el desarrollo del concepto general de objetos físicos como para el desarrollo de los conceptos relacionados de Espacio, Tiempo y Movimiento físicos.

Yo percibo cualquier otro cuerpo humano exactamente de la misma forma en que percibo una piedra o una silla. Si miro a dicho cuerpo, aparece como un *sensum* visual característico en el centro de mi campo visual. Puedo acercarme a él y sentir *sensa* de tacto correlacionados. Y no existe diferencia esencial alguna entre las experiencias que tengo en este caso y las que tengo respecto a un objeto inorgánico corriente. Análogamente, percibo el movimiento o quietud de otro cuerpo humano exactamente de la misma forma en que percibo el movimiento o quietud de cualquier otro objeto externo. Pero debo reconocer que otros cuerpos humanos están relacionados con mentes

como la mía, y, si bien sólo puedo conocer sus cuerpos desde fuera, ellos me dicen que los conocen desde el interior, y que el mío lo conocen sólo desde fuera. Comprendo lo que quieren decir por mis propias experiencias, descritas en la subdivisión anterior. Así llego a saber que existen muchísimos otros cuerpos, además del mío, que tienen procesos internos, aunque no puedo *percibirlos* en ningún otro cuerpo más que en el mío. Por ello, el hecho de que no puedo percibir tales procesos en otros lugares deja de ser una razón para suponer que no *existen* en otros lugares. Yo sé que ocurren en *mi* cuerpo, si bien las otras personas me dicen que *ellas* no pueden percibirlos; por lo que estoy dispuesto a creer que ocurren en los cuerpos *de otras personas*, aunque no puedo percibirlos, puesto que *ellas* dicen que sí pueden.

La posición lógica es, por tanto, la siguiente: 1) Sé lo que *significa* procesos internos por mis propias experiencias sensibles de placeres, dolores, sensaciones cinestésicas, etc. 2) Creo en la existencia de otros *casos* de cuerpos con tales procesos internos, por la comunicación con otras mentes, aunque no puedo percibir tales procesos en los otros casos. 3) *Amplío* esta concepción, al considerar que los cuerpos tienen «interiores», en los cuales tienen lugar toda clase de interesantes procesos, por la relación entre cuerpos humanos y otros cuerpos, los cuales, que yo sepa, no están relacionados con mentes. 4) Esto es razonable porque aparecen ante mí exactamente de la misma forma que todos los cuerpos humanos, excepto el mío; y ya sé, de los casos de otros cuerpos humanos, que la no aparición de procesos internos en mis sentidos es completamente compatible con el hecho de que tales procesos siguen desarrollándose. Por tanto, considero que *todos* mis objetos sensibles son apariencias de objetos físicos, los cuales tienen su propia historia interna y lugares de procesos internos, del mismo modo que los cuerpos humanos son lugares de aquellos procesos que aparecen a las mentes relacionadas con ellos, como dolores de cabeza, dolores de muelas, sensaciones cinestésicas, etc. Hasta qué punto cabe aplicar esta analogía en *detalle* es, naturalmente, otra cuestión, a la que sólo puede responderse gradualmente mediante la investigación empírica. Ahora lo más conveniente es aplicar estas consideraciones generales, primero al concepto general de objetos físicos y luego al concepto más especial de movimiento y quietud físicos.

c) El cuerpo humano como el objeto físico típico

La comunicación recíproca con otras mentes humanas y la observación de las apariencias de sus cuerpos completan el concepto general de objetos físicos en las formas siguientes:

1) Cualquiera de estos objetos sensibles mediante los cuales aparecen ante nosotros otros objetos físicos puede ser objeto de interrupciones repentinas. El objeto sensible visual desaparece en la obscuridad o cuando cerramos los ojos o volvemos la cabeza en otra dirección. Y el objeto sensible tangible existe sólo cuando estamos en o cerca de un lugar determinado. Mas, a pesar de estas interrupciones en las apariencias sensibles de los cuerpos de otras personas en mi

historia sensible, las mentes vinculadas a estos cuerpo me dicen que su historia somática ha continuado todo el tiempo con cambios insignificantes. Por tanto, en el caso de los cuerpos humanos, tengo razón para creer que su historia interna es mucho más permanente y continua que sus apariencias en mi historia sensible. Por analogía, puedo ampliar esta conclusión incluyendo cuerpos no humanos, que aparecen de la misma forma en mi historia sensible. Este argumento se ve reforzado por el hecho de que sé que mi propia historia somática continúa sin interrupción en momentos en que otras personas me dicen que mi cuerpo ha desaparecido de sus historias sensibles.

2) Yo sé que puedo iniciar ruidos, movimientos corporales, etcétera, y que cuando lo hago van precedidos de series especiales de procesos en mi historia sensible somática. Otras personas me dicen que oyen ruidos, ven movimientos, etc., en el centro que constituye el lugar óptico de las apariencias visuales de mi cuerpo. Igualmente, cuando yo oigo ruidos o veo movimientos relacionados con el lugar ocupado por el componente óptico del cuerpo de otra persona ésta me dirá que ha estado «haciendo» ruidos o movimientos. Esto quiere decir que los ha producido iniciando una serie adecuada de procesos sensibles en su historia somática. Así llegamos a la conclusión general de que muchos de los cambios en las apariencias visuales del cuerpo de A en la historia sensible visual de B están relacionados con cambios en la historia sensible somática de A. Estos últimos son apariencias que tiene A de procesos físicos dentro de su propio cuerpo. Por tanto, en el caso de un cuerpo humano, llegamos a la noción de que el lugar que está *ópticamente* ocupado por su componente óptico está *físicamente* ocupado por determinados procesos que originan cambios en este objeto óptico, o por lo menos en partes de él. Este es el primitivo origen de la noción de procesos científicos y su relación con apariencias sensibles. Podemos extender su aplicación, en la forma acostumbrada, a aquellos lugares ocupados por objetos ópticos completos que son componentes de cuerpos no humanos. Es decir, llegamos a la conclusión de que estos lugares están físicamente ocupados por determinados procesos que son los que originan los cambios que tienen lugar de tiempo en tiempo en el objeto óptico completo.

3) La relativa constancia de mi historia sensible somática, combinada con el hecho de que nadie puede «ver» toda la superficie de mi cuerpo de una vez, refuerza la opinión de que *sucesivos sensa* visuales justifican a menudo una creencia en objetos físicos *coexistentes*, o partes de un objeto físico. Nadie puede ver mi cara y la parte de atrás de mi cabeza al mismo tiempo, si bien puede haber una apariencia de cada una de éstas en sucesivos campos visuales del mismo observador. Pero yo sé que mi historia somática comprende «sentidos-cara» y «sentidos-cabeza» en *cada uno* de sus campos sucesivos. Por consiguiente, aunque los *sensa* visuales del observador fueron sucesivos, y probablemente revelaron secciones no contemporáneas de mi historia corporal, sin embargo hay razón para suponer que *cada una* de estas secciones (y todo lo que pudiera haber entre ellas) compren-

día una parte correspondiente a la apariencia de la cabeza y una parte correspondiente a la apariencia de la cara.

Estos parecen ser los principales factores que nuestra percepción de nuestros propios cuerpos y nuestra comunicación recíproca con otros observadores proporcionan al concepto de objetos físicos en general. El cuerpo humano es *el* objeto físico *par excellence;* con un «interior» continuamente percibido, si bien inadecuadamente, por su propia mente a través de sus sentidos corporales; con un exterior que es percibido de vez en cuando por otros observadores a través de sus sensaciones visuales y de tacto; y con procesos internos que se revelan a su propia mente como sentidos cinestésicos y otros sentidos corporales, y otras mentes como movimientos y otros cambios en sus apariencias visuales y otras apariencias. Cada observador llega a la noción de los cuerpos humanos como objetos físicos completos combinando sus propias experiencias del interior de su cuerpo con lo que le dicen otros observadores sobre sus experiencias del exterior de su cuerpo. Después de haberse formado este concepto general lo aplica a objetos físicos no humanos que no pueden informarle sobre sus propios interiores.

d) El cuerpo humano y el concepto de movimiento físico

En la parte dedicada a las correlaciones entre sensaciones cinestésicas de un solo observador y el movimiento o quietud de objetos sensibles visuales en la historia sensible de aquél no hicimos suposición especial alguna respecto a la naturaleza de los objetos físicos a los que estaba mirando. Pueden ser otros cuerpos humanos, o pueden ser cuerpos inorgánicos, como peniques o sillas. Mas, incluso sin esto, llegamos a las siguientes conclusiones, que recordaré al lector: *a)* Este observador puede muy bien llegar a la conclusión de que la uniformidad o no uniformidad posicional del objeto sensible visual, mediante el cual aparece en su historia sensible un determinado objeto físico, depende, en general, de la cooperación entre dos procesos, uno de ellos en su propio cuerpo y el otro en el objeto físico al que está mirando. El que se desarrolla en su cuerpo le aparece en la forma de una serie de sensaciones cinestésicas en su historia sensible somática. Y es de suponer que el otro es de la misma naturaleza general. *b)* Este observador puede justamente sostener que una determinada identidad entre tales procesos en dos objetos físicos A y B entraña quietud relativa entre ellos, y que las diferencias entre ambos procesos entraña movimiento relativo entre A y B.

Ahora bien, estas conclusiones que resultan extremadamente plausibles debido a las meras correlaciones entre las sensaciones cinestésicas de un observador solitario y el movimiento o quietud de sus objetos sensibles, se ven altamente reforzadas cuando los objetos físicos a los que mira son los cuerpos de otros observadores que pueden comunicar con él.

1) Supongamos que el observador α mira a B, el cuerpo del observador β, y que al mismo tiempo el observador β mira a A, el

cuerpo del observador α. Las correlaciones entre las sensaciones cinestésicas y los objetos sensibles visuales de cada observador son de la misma clase que si estuvieran mirando a un objeto inorgánico. Pero, en el caso que nos ocupa, el observador y el observado pueden cambiar impresiones sobre sus sensaciones cinestésicas y sus objetos sensibles visuales. Supongamos, en primer lugar, que α no tiene que volver continuamente la cabeza para poder seguir viendo a B y que B le aparece como un objeto sensible visual completamente uniforme. β le dirá a α que él tampoco tiene que volver continuamente la cabeza para poder seguir viendo a A, y que A aparece en su historia sensible como un objeto sensible completamente uniforme. Si comparan sus sensaciones cinestésicas traslativas verán, o bien que en ambos están ausentes, o, si están presentes, que son exactamente de la misma naturaleza.

Supongamos ahora que α observa que debe volver continuamente la cabeza para poder seguir viendo a B. B aparecerá entonces en la historia sensible de α como un objeto sensible en parte, pero sólo en parte, uniforme. La naturaleza de esta no uniformidad ha sido ya ampliamente descrita. β observará también, y le dirá a α que ha observado que debe volver continuamente la cabeza para poder seguir viendo a A, y que A aparece en su historia sensible como un objeto sensible en parte, pero sólo en parte, uniforme, de la clase anteriormente descrita. En tal caso, α y β encontrarán, al cambiar impresiones, que los dos experimentan una serie de sensaciones cinestésicas rotativas, y que entre ellas existe cierta *analogía*. Pero, por otra parte, siempre encontrarán que existe una *diferencia* entre sus sensaciones cinestésicas traslativas. A veces ésta adoptará la forma de que uno, y sólo uno de ellos, experimenta tales sensaciones (omito, en aras de la sencillez, el caso de observadores que son trasladados sin esfuerzo alguno en trenes o automóviles). Existe también otro punto importante que descubrirán al cambiar impresiones sobre sus experiencias. La apariencia de la cabeza de α en la historia sensible de β será un objeto sensible visual *giratorio*, como lo será también la apariencia de la cabeza de β en la historia sensible de α. Por consiguiente, cada uno de ellos descubrirá que, de las dos clases de sensaciones cinestésicas, una está correlacionada con un objeto sensible *rotativamente* no uniforme mediante el cual aparece su cabeza en la historia sensible del otro observador, y que la otra clase está correlacionada con un objeto sensible *posicionalmente* no uniforme, mediante el cual aparece su cuerpo en la historia sensible del otro observador.

2) Hasta ahora nos hemos limitado a dos observadores, α y β, mirando respectivamente a A y B, los cuerpos del otro. Tomemos ahora un observador γ, que mira a los cuerpos A y B de los dos observadores α y β, quienes pueden comunicar con él y entre sí. Como ya hemos dicho antes, si γ mantiene una serie adecuada de sensaciones cinestésicas, siempre puede hacer que A aparezca en su historia sensible como un objeto sensible completamente uniforme, cada uno de cuyos sucesivos *sensa* componentes se encuentra en el centro de su campo. Supondremos que γ lo hace. En tal caso encontrará 1) que B

aparece como un objeto sensible completamente uniforme, o 2) que B aparece como un objeto sensible posicionalmente no uniforme. Cada uno de los *sensa* componentes de éste puede tener un movimiento sensible en sus campos. E, incluso si no lo tiene, sucesivos pares de *sensa*-A y *sensa*-B contemporáneos tendrán distancias sensibles progresivamente diferentes en sus respectivos campos comunes en la historia sensible visual de γ.

Ahora bien, en el caso 1), α y β le dirán a γ que, al intercambiar impresiones entre sí, no encuentran diferencia alguna en sus sensaciones cinestésicas traslativas, las cuales, naturalmente, pueden ser ambas inexistentes en el caso límite. En el caso 2), α y β le dirán a γ, al intercambiar sus impresiones, que sí encuentran una diferencia en sus sensaciones cinestésicas traslativas. Si uno de ellos no experimenta tales sensaciones, el otro sí las experimentará. Además, cada uno de ellos le dirá a γ que el cuerpo del otro aparece ante él como un objeto sensible no uniforme. Y el cuerpo C de γ aparecerá en la historia sensible de β, pero no en la de α, como un objeto sensible no uniforme.

Estas experiencias comunicadas 1) y 2) no dejan duda alguna de que la uniformidad o no uniformidad posicional del objeto sensible, mediante el cual aparece un cuerpo humano en la historia sensible de otro observador, depende conjuntamente de aquellos procesos físicos en los dos cuerpos que son revelados a sus respectivas mentes en la forma de sensaciones cinestésicas. Además, muestran claramente que *uniformidad* en el objeto sensible depende de una determinada *identidad* de cualidad y cantidad en los dos procesos, mientras que la *no uniformidad* posicional en el objeto sensible depende de determinadas *diferencias* cualitativas y cuantitativas entre ambos procesos. Finalmente, 2) muestra que el movimiento relativo de los objetos sensibles mediante los cuales aparecen dos cuerpos humanos en la historia sensible de un tercer observador depende de una *diferencia* entre estos dos procesos en los dos cuerpos humanos, mientras que la quietud relativa de dos cuerpos sensibles de esta clase depende de una *identidad* de carácter entre los dos procesos.

Ahora podemos aplicar esta conclusión, de la forma acostumbrada, a objetos físicos que no están relacionados con mentes que puedan comunicar con nosotros. Damos por supuesto que, en *todos* los casos, la uniformidad de un objeto sensible en la historia sensible de un observador depende de una determinada identidad entre el proceso físico en su propio cuerpo, que le aparece a él como una serie de sensaciones cinestésicas, y otro proceso físico del mismo tipo general, que tiene lugar en el objeto físico del que este objeto sensible uniforme es la apariencia visual en la historia sensible del observador. Y damos por supuesto que, en *todos* los casos, la no uniformidad posicional de un objeto sensible en la historia sensible de un observador depende de diferencias entre el proceso físico en su cuerpo, que le parece a él como una serie de sensaciones cinestésicas, y otro proceso físico del mismo tipo general, que tiene lugar en el objeto físico del que este objeto sensible no uniforme es la apariencia visual en la historia sensible de este observador.

e) Varios observadores comunicados entre sí mirando al mismo objeto físico

Queda por analizar otro punto de extremada importancia. Supongamos que dos observadores α y β están mirando a un determinado objeto físico O, y que un tercer observador γ está mirando a sus cuerpos, A y B, respectivamente. Puede ocurrir que O aparezca en la historia sensible de α como un objeto sensible uniforme, y que en la historia sensible de β aparezca como un objeto sensible posicionalmente no uniforme. En tal caso el observador γ observará siempre que los objetos sensibles mediante los cuales aparecen A y B en su historia sensible están recíprocamente en movimiento relativo. Y, como por regla general ocurre en estas condiciones, existirá una diferencia en las sensaciones cinestésicas traslativas de α y de β. Si generalizamos y aplicamos esto a todos los objetos físicos llegaremos a la conclusión siguiente: cualquier objeto físico puede aparecer simultáneamente como un objeto sensible uniforme en la historia sensible de un observador y como un objeto sensible no uniforme en la historia sensible de otro observador. Pero, si esto es así, siempre se encontrará que existe alguna diferencia entre aquellos procesos físicos en los cuerpos de los dos observadores que se les aparecen a ellos como series de sus sensaciones cinestésicas.

Este resultado, que puede ser observado, puede también haber sido deducido de lo que ha pasado anteriormente. Si el objeto físico O aparece como un objeto sensible inmóvil en la historia sensible visual de α, ello implica una determinada *identidad* de carácter entre los importantes procesos físicos en A y en O, de acuerdo con el argumento expuesto en la última subdivisión. Si O aparece como un objeto sensible en movimiento en la historia sensible de β, ello implica una *diferencia* entre los importantes procesos físicos en B y en O, sobre la base de los mismos principios. Se desprende, en estas circunstancias, que debe existir alguna diferencia entre los importantes procesos físicos en A y en B. Y esto deberá aparecer a α y a β como una diferencia entre sus sensaciones cinestésicas. El hecho de que esta diferencia sea en *realidad* observada refuerza las conclusiones de la última subdivisión, ya que aquí son utilizadas como premisas hipotéticas de las que se desprende que tal diferencia *debe* encontrarse.

En el capítulo siguiente aplicaré los resultados a los que hemos llegado en éste a los conceptos de Espacio-Tiempo sensible y físico, dando así fin al examen de los aspectos espacio-temporales de la Naturaleza y de su base sensible y perceptible.

Obras adicionales que pueden consultarse con provecho:

G. F. Stout, *Manual of Psychology*, vol. III, parte II.
W. James, *Principles of Psychology*.
Kant, *Crítica de la razón pura*.
Schopenhauer, *El Mundo como Voluntad y Representación*, vol. I, libro II.

Espacio-Tiempo Sensible y Físico

> «And nu bit and for Godes naman halsath ælcne thara the thas boc rædan lyste thæt he for hine gebidde, and him ne wite gif he hit rihtlicor ongite thonne he mihte. Forthæmthe ælc mon sceal be his ondgites mæthe and be his æmettan sprecan thæt he sprecth and don thæt thæt he deth.»—KING ALFRED, *Preface to his Translation of Bœthius.*

Ahora estamos en condiciones de abordar el concepto de Espacio-Tiempo físico del que, como veremos, los conceptos de Espacio físico y Tiempo físico son abstracciones de dos clases diferentes. Finalmente llegaremos, desde un punto de partida totalmente diferente, a la situación en que nos encontramos al final de la primera parte.

Examinemos, en primer lugar, el terreno que hemos atravesado y veamos cómo aparece el universo desde nuestra posición actual. Así podremos comprobar qué parte de nuestro recorrido, desde la pura sensación hasta los refinados conceptos matemáticos físicos, queda por completar y, una vez efectuado esto, trataremos de completarlo.

a) CRITERIO SOBRE LA SITUACIÓN ACTUAL

La situación, hasta donde se ha desarrollado, es, a grandes rasgos, la siguiente: existe un mundo de objetos físicos, algunos de los cuales, como mi propio cuerpo, están relacionados con mentes observadoras, que pueden comunicar entre sí. Otros, que nosotros sepamos, no están relacionados con mentes, mas, desde el punto de vista de su carácter general, son muy parecidos a aquellos que lo están. Correlacionada con cada cuerpo humano existe una historia sensible general, a su vez dividida en varias historias sensibles especiales: visual, tangible, auditiva, somática, etc. Podemos sentir relaciones *temporales* entre los *sensa* de nuestras diferentes historias sensibles especiales, del mismo modo en que podemos sentir relaciones temporales entre diferentes *sensa* de la misma historia sensible especial. Pero no podemos sentir relaciones *espaciales* entre *sensa* contemporáneos en nuestras diferentes historias sensibles especiales, si bien podemos sentir tales relaciones entre *sensa* contemporáneos de la misma historia sensible. Estas características espaciales sobresalen mucho más en la historia sensible visual que en cualquier otra historia sensible.

Mi historia sensible somática contiene *sensa* que son apariencias de estados internos y de procesos en mi propio cuerpo. En mis otras historias sensibles existen diversos objetos sensibles, algunos de ellos uniformes durante cierto tiempo y otros no uniformes. Existen correlaciones entre determinados objetos sensibles en mis diferentes historias sensibles que me llevan a considerarlos como diferentes clases de apariencias del mismo objeto físico externo. Todas estas observaciones sobre mí y sobre mis historias sensibles son igualmente valederas, *mu-*

tatis mutandis, para otros observadores y sus historias sensibles, según estoy informado mediante la intercomunicación.

Entre los *sensa* integrados en las historias de observadores diferentes ni las relaciones espaciales ni las temporales pueden ser sentidas por ninguno de los observadores ni por cualquier observador ajeno. Pero existen correlaciones entre determinados objetos sensibles de diferentes observadores las cuales nos llevan a decir que el mismo objeto físico se les aparece a todos ellos. Cuando esto es así existe, generalmente, un determinado lugar externo que puede decirse «ocupan» todos estos *sensa* en un sentido pickwickiano y definible, como, por ejemplo, ocupación óptica. Además, existen determinados métodos, analizados en el penúltimo capítulo, mediante los cuales algunos *sensa* de diferentes historias están agrupados juntos como «neutralmente simultáneos», y otros agrupados por separado como «neutralmente sucesivos».

Por otra parte, existen las complicadas correlaciones entre la uniformidad o no uniformidad de objetos sensibles en las historias visuales de los observadores, y determinados procesos en sus historias somáticas llamados «sensaciones cinestésicas». En el capítulo anterior examinamos estas últimas y llegamos a la conclusión de que la uniformidad o no uniformidad posicional del objeto sensible mediante el cual aparece un determinado objeto físico a un observador, depende de determinados procesos físicos en el objeto externo y en el cuerpo del observador; y que estos procesos en el cuerpo de uno se nos manifiestan como sensaciones cinestésicas. Un estudio más detenido de estas correlaciones puso en evidencia la existencia de otros dos puntos estrechamente relacionados. Uno de ellos es que la uniformidad posicional de un objeto sensible depende de una identidad de naturaleza entre dos procesos físicos y que la no uniformidad posicional está correlacionada con determinadas diferencias entre ellos. El otro punto es que la quietud relativa entre dos objetos sensibles de una historia sensible depende de una clase parecida de identidad entre dos tales procesos físicos en los cuerpos que aparecen como estos dos objetos sensibles, mientras que el movimiento relativo entre dos objetos sensibles está correlacionado con clases similares de diferencia entre dos tales procesos físicos en los cuerpos que aparecen como estos dos objetos sensibles. El movimiento y quietud sensibles son *absolutos*, pero parecen depender de *relaciones* de identidad y de diferencia entre procesos físicos que se producen en el cuerpo que aparece y en el cuerpo del observador ante el cual aparece.

b) Criterio sobre el problema restante

Estos son, pues, algunos de los hechos hasta ahora educidos, y algunas de las inferencias de gran probabilidad que se desprenden de ellos. La cuestión siguiente consiste en formular claramente el problema que aún queda por analizar, es decir, hacer, si es posible, una ulterior síntesis por analogía con lo que ya conocemos. ¿Podemos considerar el mundo de objetos y procesos físicos como un todo único

análogo a una sola historia sensible? En otras palabras: ¿Podemos considerar los objetos científicos como análogos a los objetos sensibles; podemos suponer que tienen relaciones espaciales entre sí, como las que podemos *sentir* únicamente entre *sensa* en un solo campo sensible; y, podemos suponer que perduran y que tienen relaciones temporales entre sí, como las que podemos *sentir* únicamente entre *sensa* dentro de una sola historia sensible general? Por último, ¿podemos suponer que los objetos físicos permanecen quietos y se mueven en este todo único espacio-temporal físico, como les ocurre a los *sensa* en sus campos y a los objetos sensibles en nuestras historias sensibles? Este es, en mi opinión, el verdadero problema sobre el Espacio, Tiempo y Movimiento físicos. Es el problema de componer un solo, neutral y público Espacio-Tiempo de objetos y procesos físicos, sobre la base de la analogía de los numerosos espacio-tiempos privativos de las historias sensibles de diversos observadores.

Ahora bien, no se trata de hacer meramente tales suposiciones en abstracto. Nuestra única justificación posible para hacer tales suposiciones es que ello nos proporciona un esquema que sumariza todas las correlaciones conocidas entre los *sensa* y que, al mismo tiempo, nos es familiar por su analogía con nuestras propias historias sensibles que conocemos directamente. Teóricamente es posible que ninguna suposición de tal índole pueda justificar las verdaderas correlaciones entre los *sensa*. Y aún es más probable que ninguna de las suposiciones en virtud de las cuales la estructura del Espacio-Tiempo físico aparece *exactamente* análoga a la de una historia sensible individual pueda explicar los hechos conocidos. Además, si el mundo físico puede considerarse consecuentemente como un todo único espacio-temporal, con una considerable, aunque incompleta, analogía de estructura respecto a una historia sensible individual, es probable que esto pueda efectuarse en una serie de formas alternativas, todas las cuales pueden sintetizar igualmente bien todos los hechos conocidos. Incluso si hasta un determinado tiempo los seres humanos sólo hubieran mantenido una opinión sobre la estructura del Espacio-Tiempo físico, no hay razón alguna para dudar de que, si pensaran más detenidamente y prestaran menos atención a determinados puntos de vista tradicionales, podrían llegar a idear decenas de estructuras alternativas a la del Espacio-Tiempo físico, igualmente capaces de demostrar todas las correlaciones conocidas entre los *sensa*. Es indudable que el mundo físico tiene una determinada estructura intrínseca absoluta; y esta estructura se manifiesta, por lo menos en parte, en las correlaciones entre los *sensa* del mismo y de diferentes observadores. Pero esta estructura tenemos que abordarla por partes en las ciencias de Geometría, Cronometría, Cinemática, Dinámica y Electromagnética. Efectuando adecuadas modificaciones correlacionadas en los axiomas de estas diversas ciencias parciales podemos formular la misma estructura absoluta en innumerables formas diferentes e igualmente satisfactorias. Si hasta ahora han sido propuestos muy pocos esquemas alternativos, ello se debe a nada más recóndito que la falta de imagi-

nación científica y la imperfección de nuestros aparatos técnico-matemáticos y lógicos.

Constituye, sin embargo, un estudio interesante e importante examinar hasta qué punto podemos demostrar los hechos conocidos suponiendo que la estructura del mundo físico es análoga a la de nuestras historias sensibles, y ver cuál es la mínima diferencia de estructura que debemos postular entre ambos, ya que, en última instancia, nuestros conceptos físicos tienen sus raíces en nuestras historias sensibles.

Es evidente que es posible considerar el mundo físico como un todo único espacio-temporal análogo, en líneas generales, a una sola historia sensible y, no obstante, que tengamos que postular diferencias de detalle. Con esto no quiero decir simplemente que el *contenido* de ambos pueda ser diferente. No cabe duda de que lo será. El contenido esencial de una historia sensible son los *sensa* del observador de quien es la historia sensible. El contenido esencial del Espacio-Tiempo físico son los procesos científicos. Incluso si fuera posible considerar que los procesos científicos están compuestos de *sensa* (lo cual dista mucho de ser cierto), cada proceso científico estará compuesto de *sensa* de las historias de muchos observadores diferentes, y también probablemente de muchos más *sensa* que no pertenecen a la historia de observador alguno. Por tanto, incluso partiendo de esta hipótesis, el contenido esencial del Espacio-Tiempo físico serán *grupos de «sensa» correlacionados*. Pero, aparte de esta diferencia que indudablemente debe existir entre el Espacio-Tiempo físico y cualquier historia sensible, puede muy bien existir entre ambos una diferencia de *estructura*, por ejemplo, la clase de diferencia que existe entre un espacio euclidiano y un espacio hiperbólico. Una historia sensible y el mundo físico son ambos conjuntos espacio-temporales de cuatro dimensiones, por lo que debemos referirnos a su *geo-cronometría* en lugar de a su geometría. Lo que quiero decir con esto es que, si bien una historia sensible y el mundo físico pueden tener una estructura tan análoga que nos permita decir que ambos tienen una geo-cronometría de alguna clase, sin embargo, la geo-cronometría de cada uno puede diferir en detalle.

El lector debe guardarse de suponer que un Espacio-Tiempo es una entidad que existe por su propio derecho, junto con su contenido. A menudo resulta conveniente suponer que esto es así, y ello no es perjudicial, siempre que reconozcamos que se trata de una formulación abreviada y comprendamos claramente para lo que sirve una abreviación. Teniendo en cuenta que ya nos hemos desprendido de las teorías absolutas sobre el Espacio y el Tiempo, no debemos introducirlas de nuevo respecto al Espacio-Tiempo. Muchos eminentes escritores se han expresado sobre la Teoría de la Relatividad, en una forma de lo más desafortunada, la cual indica a los inocentes lectores que dichos autores consideran el Espacio-Tiempo como un existente particular, con sus propias propiedades y que actúa sobre la materia como un taco sobre una bola de billar. Cuando nos referimos a las propiedades del Espacio-Tiempo físico lo que hacemos es enumerar simplemente ciertas características estructurales muy generales del

conjunto espacio-temporal que es el mundo físico. El único existente en discusión es este conjunto, el cual está compuesto de procesos científicos vinculados en una unidad característica mediante relaciones espacio-temporales.

Quizá un ejemplo analógico esclarezca esto mucho más que una amplia exposición. Los ejércitos francés y británico son dos sistemas de jerarquías altamente organizadas. El contenido de cada uno es diferente: el primero está compuesto de franceses y el segundo de ingleses y escoceses y algunos elementos del margen céltico. Existe una gran analogía entre las organizaciones de los dos, la cual hace que sea justo llamar ejércitos a ambos. Mas existen diferencias considerables de detalle. Si un escritor tratando de temas militares se propusiera describir en términos generales la estructura del ejército francés y la estructura del ejército británico, estudiaría algo afín a dos sistemas de geo-cronometría. Podría hacerlo sin referirse a soldados franceses e ingleses particulares, tales como Jacques Bonhomme y Tommy Atkins. Incluso podría referirse inteligiblemente a los «efectos» que estos dos tipos de organización «producen» sobre los soldados franceses y británicos de diversos temperamentos. Mas, si esto le llevara a suponer que las organizaciones cuya estructura está describiendo son substancias que existen junto con los soldados, estaría diciendo tonterías; y la misma clase de tontería comete la gente que se imagina el Espacio-Tiempo como una substancia existente que empuja y atrae en todas direcciones partículas de materia. Por tanto, debe estar completamente claro que cuando nos referimos a la geo-cronometría del Espacio-Tiempo lo que hacemos es simplemente describir determinadas características muy generales y abstractas del conjunto que es el mundo físico.

Teniendo en cuenta que la geo-cronometría que debe atribuirse al Espacio-Tiempo físico depende totalmente de las correlaciones entre nuestros *sensa*, no debe sorprendernos que opiniones sobre aquél cambien con el progreso del conocimiento científico. Y esto porque un punto de vista puede cuadrar con todos los hechos que eran conocidos hasta una determinada fecha y puede necesitarse un punto de vista diferente que cuadre tanto con los hechos ya conocidos como con determinados hechos nuevos descubiertos posteriormente. Esto es exactamente lo que ha ocurrido con el cambio de la dinámica y cinemática newtonianas a las relativistas.

c) El concepto de una historia sensible idealizada

Si deseamos ver hasta qué punto puede aproximarse la geo-cronometría del mundo físico a la de una sola historia sensible, lo primero que debemos hacer es ver cuál es la geo-cronometría de una historia sensible. Pero antes de hacerlo es conveniente desembarazarse de ciertas limitaciones que, en realidad, están presentes en todas nuestras historias sensibles, pero que parecen más bien depender *de facto* de limitaciones de nuestros poderes de sentir y de recordar algo caracterís-

tico de la estructura de las historias sensibles como tales. 1) Podemos pensar que una historia sensible se alarga indefinidamente hacia el pasado, aunque, en realidad, sólo podemos recordar una determinada distancia hacia atrás y aunque, probablemente, la historia no se alargue más hacia atrás que hasta nuestro nacimiento. 2) Podemos deshacernos en pensamiento de la limitación de un Presente Lato. Podemos considerar el hecho de que sólo puede sentirse de una vez una sección muy fina, y que el conjunto de la historia lo constituye una serie de tales secciones, como un contingente. Es decir, podemos considerar el conjunto de la historia como un ramal continuo de cuatro dimensiones. 3) Podemos deshacernos en pensamiento de aquellas limitaciones que nuestros poderes finitos de ver, oir, etc., imponen sobre la prolongación de cada uno de nuestros verdaderos campos sensibles. Podemos, por ejemplo, imaginarnos los límites espaciales de nuestros campos visuales indefinidamente prolongados, como lo sería si pudiéramos ver todo, por muy lejos que se encuentre de nuestros cuerpos. 4) Podemos también deshacernos de la limitación impuesta por el hecho de que no podemos ver todo lo que está en torno nuestro de una sola vez. 5) Hasta ahora hemos prolongado conceptualmente nuestras historias sensibles deshaciéndonos de determinados límites impuestos por la sensación y la memoria. Ahora queda por proceder en dirección contraria. No podemos sentir campos sin duración; pero podemos sentir procesos de duración cada vez más corta. Así podemos concebir cualquier sección de una historia sensible cortada en secciones cada vez más cortas. Al final, podemos concebir secciones *sin* duración, y podemos imaginar el conjunto de la historia sensible analizada en una serie infinita de tales secciones instantáneas, del mismo modo que podemos concebir un cilindro analizado en una serie infinita de secciones paralelas planas y circulares. Naturalmente, tales secciones momentáneas no son existentes, no forman parte literalmente de la historia sensible; pero pueden definirse por Abstracción Extensiva, pudiéndose atribuir un sentido pickwickiano al criterio de que la historia sensible está compuesta por ellas. Estas secciones momentáneas serán puramente *espaciales*, mientras que la historia sensible en su conjunto y cualquier parte real finita de ésta son espacio-temporales. A cada una de estas secciones momentáneas podemos dar el nombre de *espacio sensible momentáneo* de la historia sensible dada. Mediante ulteriores aplicaciones de la Abstracción Extensiva dentro de un solo espacio sensible momentáneo podríamos, evidentemente, definir *planos sensibles momentáneos*, *líneas sensibles momentáneas* y *puntos sensibles momentáneos*.

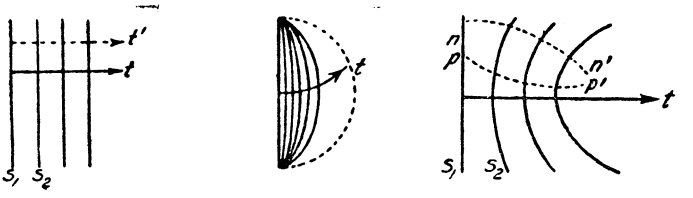
Es, pues, evidente que si el mundo físico es análogo a una historia sensible tendrá que ser análogo a una historia sensible idealizada, prolongada conceptualmente en las formas descritas. Y creo que es casi indudable que éste sea el origen del concepto del mundo físico como todo único en el Espacio y en el Tiempo. Ahora debemos examinar más detalladamente la geo-cronometría de una historia visual idealizada. En la siguiente subdivisión quedo más endeudado que

nunca a Whitehead y me daré por satisfecho si por lo menos proporciono al lector «la primera ayuda» para el estudio de las dos grandes obras de Whitehead sobre la filosofía de la Naturaleza.

d) La geo-cronometría de una historia visual idealizada

La historia visual idealizada es un conjunto espacio-temporal de cuatro dimensiones, formada por la adición continua de fragmentos sucesivos, los cuales son campos idealizados. Cada uno de estos fragmentos tiene duración, y la duración de toda la historia equivale a la suma de las duraciones de los sucesivos fragmentos hasta e incluso el último que haya devenido. Podemos considerar todos estos campos sucesivos como normales a una línea recta en la historia, del mismo modo que las sucesivas secciones circulares de un cilindro son todas normales a su eje. Esta normal común a todos los campos puede considerarse como el eje-tiempo de la historia. Mediante la Abstracción Extensiva podemos reducir a cero el grosor temporal de las secciones sucesivas, obteniendo así una serie de espacios momentáneos de tres dimensiones, todos ellos normales al eje-tiempo de la historia.

Ahora bien, la geo-cronometría de la historia puede ser, además de otras alternativas más complicadas, bien euclidiana, o elíptica o hiperbólica. Según cuál de estas alternativas le corresponda, la geometría de sus espacios será euclidiana, o elíptica o hiperbólica. En cualquiera de las dos últimas alternativas, los sucesivos espacios momentáneos no serán paralelos entre sí. En la geometría elíptica (que es análoga a la geometría de la superficie de una esfera) no hay paralelas, ya que todas las líneas rectas co-planas se cortan dos veces entre sí. Sólo en la alternativa euclidiana los espacios momentáneos serán paralelos. Las tres alternativas pueden ilustrarse a grandes rasgos, en dos dimensiones y sobre un plano euclidiano, mediante los tres diagramas siguientes:



1) Caso euclidiano *2) Caso elíptico* *3) Caso hiperbólico*

(Debe tenerse en cuenta, naturalmente, que lo que figura en estos diagramas como *líneas* normales al eje-tiempo representan *espacios* de tres dimensiones en la historia sensible de cuatro dimensiones; así como que las *curvas* en los diagramas 2) y 3) son intentos de representar *líneas rectas* no euclidianas sobre un plano euclidiano.)

Creo que podemos descartar inmediatamente la alternativa elíptica. Si la geo-cronometría de una historia sensible fuera de este tipo, su eje-tiempo, como todas las demás líneas rectas en esta geometría,

sería una curva cerrada, como un círculo máximo sobre una esfera. Aunque teóricamente no veo que sea imposible que el tiempo de la Naturaleza pueda ser de esta clase, creo, sin embargo, que no existe evidencia alguna en apoyo de dicha idea. Si fuera así, el curso de la Naturaleza se repetiría continuamente en círculos. Está claro que éstos podrían ser de una duración enorme; y por eso el hecho de que no dispongamos de demostración empírica alguna en favor de esta alternativa no puede considerarse como demostración contra aquélla; podemos regalar la sugerencia al deán de San Pablo y a los neoplatonistas.

Por consiguiente, nos limitaremos a las alternativas euclidiana e hiperbólica. En la alternativa euclidiana habría un número infinito de ejes-tiempo para la historia sensible igualmente permisibles, y todos ellos serían paralelos entre sí. La línea *t'* en 1) es un ejemplo de ello. En la alternativa hiperbólica, en la medida en que pueda confiarse en mi escaso conocimiento de la geometría hiperbólica de cuatro dimensiones, yo diría que en la historia sensible sólo podría haber un eje-tiempo. Es cierto que en la historia hay muchas líneas rectas, paralelas a *t*. La línea *pp'* en 3) es un ejemplo de ello. Pero ninguna de ellas será normal a los espacios momentáneos que son normales a *t* y, por tanto, ninguna de ellas podría considerarse como eje-tiempo. Además, existen muchas líneas aparte de *t* que son normales a todos los espacios momentáneos. La línea *nn'* en 3) es un ejemplo de ello. Pero ninguna de ellas son líneas *rectas* y, por tanto, ninguna de ellas puede considerarse como eje-tiempo. En realidad, son curvas llamadas *horociclos* y los horociclos son para las líneas rectas lo mismo que los pequeños círculos para los círculos máximos sobre la superficie de una esfera. No creo que la singularidad del eje-tiempo baste para mostrar que la geo-cronometría de una historia sensible idealizada *no pueda* ser hiperbólica. Más adelante veremos que difícilmente puede suponerse que el Espacio-Tiempo de la Naturaleza tenga un solo y único eje-tiempo, incluso prescindiendo de la Teoría de la Relatividad. De ahí que lo más conveniente sea averiguar la geo-cronometría de la historia sensible idealizada sobre la hipótesis euclidiana, ya que sólo la necesitamos como base para le geo-cronometría del Espacio-Tiempo físico.

Existe, además, una razón aún más positiva para rechazar la alternativa hiperbólica para la historia sensible idealizada. En el caso euclidiano, como las normales al eje-tiempo son paralelas entre sí, y las paralelas euclidianas son en todos lugares equidistantes unas de otras, cualquier sección de la historia sensible, vinculada por dos de estas normales, tiene el mismo grosor a todo lo largo de la historia (véase diagrama 1). En el caso hiperbólico, las normales divergen entre sí desde ambos lados del eje-tiempo común. El resultado es que sólo en la alternativa euclidiana el Presente Lato tendría una duración definida y limitada. En la alternativa hiperbólica, los *sensa* que se encuentran lejos de los centros de los campos podrían durar períodos de tiempo enormes, permaneciendo en un solo Presente Lato. Mas esto parece contradecir la realidad. Así, pues, desde todos los puntos de

vista, parece razonable abordar la geo-cronometría del campo sensible idealizado como del tipo euclidiano.

Ahora podemos analizar el importante concepto que Whitehead llamaría *espacio* sin tiempo de la historia sensible idealizada. Cuando nos referimos a objetos que permanecen quietos o se mueven en el espacio, naturalmente no podemos estar pensando en un espacio *momentáneo*, ya que tanto quietud como movimiento entrañan intervalo de tiempo. En realidad, debemos estar pensando en alguna clase de espacio que dura todo el tiempo en consideración, y que no cambia a medida que transcurre el tiempo. Esto es lo que quiere decir Whitehead por *espacio sin tiempo*. Ahora tenemos que definir un tal espacio para la historia sensible idealizada.

Imaginémonos un objeto sensible completamente uniforme que dura a todo lo largo de la historia sensible. A medida que cortamos la historia en secciones cada vez más finas, cortaremos *ipso facto* este objeto sensible en secciones cada vez más finas, todas ellas exactamente iguales y ocupando todas ellas lugares exactamente iguales en estos campos. Finalmente, mediante la Abstracción Extensiva, llegaremos a una serie de espacios sucesivos momentáneos, cada uno de los cuales contendrá una sección momentánea del objeto sensible uniforme. Todas estas secciones momentáneas serán exactamente iguales y estarán situadas exactamente igual en sus respectivos espacios momentáneos. Si ahora nos imaginamos las dimensiones espaciales del objeto sensible cada vez reducidas, de tal modo que, finalmente, sea la historia de un mero punto, está claro que el objeto se reduce a una línea paralela al eje-tiempo de la historia sensible. Cada punto en esta línea recta es uno de los espacios momentáneos de la historia, y cada uno de los espacios momentáneos contiene uno de los puntos. Y estos puntos están en lugares correspondientes en sus respectivos espacios momentáneos. Así, pues, cualquier línea recta en la historia sensible que sea paralela al eje-tiempo es la historia de un objeto sensible de dimensiones espaciales exactas, el cual permanece inmóvil en un solo «lugar» durante toda la duración de la historia.

Por consiguiente, podemos decir que cada *línea recta* paralela al eje-tiempo de una historia sensible es un *punto* del espacio sin tiempo de la historia. El espacio sin tiempo de la historia consiste, por tanto, de todo el conjunto de líneas rectas en la historia, las cuales son paralelas a su eje-tiempo.

Ahora tenemos que definir las *líneas rectas* del espacio sin tiempo. Para esto, imaginémonos un objeto sensible posicionalmente no uniforme y de dimensiones espaciales exactas. Es evidente que consistirá en una serie de puntos, cada uno en un espacio sucesivo momentáneo. Pero estos puntos no ocuparán posiciones correspondientes en sus respectivos campos sucesivos momentáneos, ya que el objeto es posicionalmente no uniforme. Así, pues, todo el conjunto de puntos será una curva de alguna clase en la historia sensible. Generalmente, será una curva tortuosa y, naturalmente, *nunca* será una línea recta paralela al eje-tiempo, ya que eso correspondería a la historia de un objeto exacto posicionalmente *uniforme*. Además, nunca será, naturalmente, una

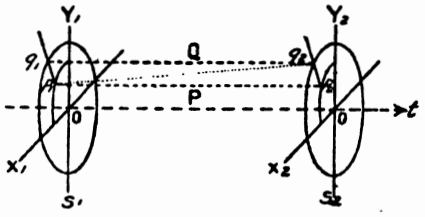
línea en cualquier espacio momentáneo, pues en tal caso no sería la *historia* de objeto permanente alguno. Ahora bien, a través de cada punto de esta curva pasa una y sólo una línea recta paralela al eje-tiempo de la historia. Y cada una de estas líneas, como hemos visto, es un punto en el espacio sin tiempo de la historia. De esto se desprende que el conjunto de todas estas líneas constituye el curso trazado por el objeto en movimiento en el espacio sin tiempo. Un tal conjunto de líneas rectas paralelas formará una *superficie* en la historia sensible, la cual, por regla general, no será plana. Pero si el objeto en movimiento describe una línea recta en el espacio sin tiempo de la historia, esta superficie se verá aplastada en un plano paralelo al eje-tiempo. La forma más sencilla de ver esto es la siguiente: se admite que los *puntos* en el espacio sin tiempo de una historia sensible son *líneas rectas* en la historia, paralelas a su eje-tiempo. Una línea recta que puede únicamente determinarse por dos líneas rectas paralelas al eje-tiempo en el plano que contiene a ambas y que a su vez, es, naturalmente, paralelo a este eje. Es, pues, evidente que una *línea recta* en el espacio sin tiempo de una historia sensible es un *plano* en la historia sensible, paralelo a su eje-tiempo.

Quedan por definir los *planos* en el espacio sin tiempo. Un plano en el espacio sin tiempo será una figura que sólo puede determinarse por una línea recta en dicho espacio, y un punto que está en el espacio, pero no en la línea recta. Ya hemos visto que una línea recta en el espacio sin tiempo es un plano en la historia, paralelo a su eje-tiempo; y que un punto en el espacio sin tiempo es una línea recta en la historia, paralela a su eje-tiempo. El hecho de que el punto se encuentra fuera de la línea en el espacio sin tiempo es idéntico al hecho de que la línea correspondiente está fuera del plano correspondiente en la historia sensible. Consecuentemente, un *plano* en el espacio sin tiempo de una historia sensible será una región de tres dimensiones en la historia, la cual puede determinarse únicamente por un plano, paralelo al eje, pero no contenido en este plano. Esta es una región ilimitada, que juega un papel correspondiente en un complejo de cuatro dimensiones a un plano en un espacio corriente de tres dimensiones.

Así, pues, hemos definido los puntos, líneas rectas y planos en el espacio sin tiempo de una historia sensible idealizada dada, en términos de determinados tipos especiales de figuras en esta última. Estas definiciones se deben totalmente a Whitehead. Puede observarse: 1) Que el punto sin tiempo es algo más complejo que el punto momentáneo, ya que está compuesto por toda una serie de estos últimos; 2) Algunas líneas rectas en la historia sensible son también líneas rectas momentáneas en uno de los espacios momentáneos; pero ninguna línea recta en la historia puede ser también una línea recta en el espacio sin tiempo. A todo lo más, puede ser un *punto* en este últiempo; 3) Y que un punto en el espacio sin tiempo es una línea recta en la historia sensible de una clase determinada. Una vez definidos los conceptos sin tiempo puede elaborarse la geometría del espacio sin tiempo. Tendrá el mismo carácter que la geometría de los espacios

momentáneos de la historia. Y esto porque existe una correspondencia de uno a otro (si bien nunca una identidad) entre los puntos, líneas rectas y planos sin tiempo, según anteriormente definidos, y los puntos, líneas rectas y planos momentáneos de cualquiera de los espacios momentáneos.

Teniendo en cuenta que una historia sensible visual es un conjunto de cuatro dimensiones, es imposible ilustrar completamente todo esto sobre el papel. Pero podemos ayudar al lector a comprender el caso de cuatro dimensiones imaginando una historia sensible que tenga sólo tres dimensiones, dos espaciales y una temporal. En ese caso, los espacios momentáneos serán planos en ángulos rectos al papel, pudiendo ilustrar las relaciones entre historia sensible, espacios momentáneos y espacio sin tiempo, mediante el siguiente diagrama:



En este diagrama, S_1 y S_2 son dos secciones momentáneas de una tal historia sensible. La línea de puntos p_1q_1 es la línea recta en la historia sensible que representa la historia de un objeto-punto que se mueve a lo largo de una determinada línea recta en el espacio sin tiempo de la historia a una velocidad uniforme determinada. La primera sección momentánea de este objeto es el punto momentáneo p_1 en el espacio momentáneo S_1. La última sección es el punto momentáneo q_2 en el espacio momentáneo S_2. Las secciones intermedias son puntos momentáneos en espacios momentáneos intermedios.

La línea de trazos p_1p_2 es el punto P en el espacio sin tiempo de la historia sensible. La línea de trazos q_1q_2 es el punto Q en el espacio sin tiempo de la historia. P habría representado la historia del objeto sensible exacto si éste hubiera permanecido en su posición original. Q habría representado la historia de este objeto si éste hubiera estado siempre en la posición que finalmente ocupa. El plano $p_1q_1p_2q_2$, que está determinado por las dos líneas rectas P y Q, es la línea recta sin tiempo en el espacio sin tiempo de la historia que atraviesa el objeto exacto en movimiento. Está correlacionada de manera única con las líneas rectas momentáneas p_1q_1 en S_1 y p_2q_2 en S_2, que pueden llamarse las «direcciones instantáneas de movimiento del objeto en movimiento en los dos momentos t_1 y t_2». Estas son, naturalmente, parecidas en el caso que nos ocupa, ya que el objeto se mueve todo el tiempo en una dirección en el espacio sin tiempo.

El ángulo entre la línea de puntos p_1q_2 y la línea de trazos p_1p_2 depende de la velocidad del objeto-punto en movimiento en el espacio sin tiempo. Las historias de *todos* los puntos en movimiento que atra-

viesan esta línea particular en el espacio sin tiempo serán líneas rectas en el plano $p_1q_1q_2p_2$, pero sus direcciones en este plano dependerán de la velocidad a que el objeto atraviesa la línea. Si la velocidad es no uniforme, aquéllas dejarán de ser líneas rectas, pero seguirán siendo curvas planas en este plano. Naturalmente, en nuestro diagrama no podemos ilustrar *planos* sin tiempo, ya que sólo podemos obtenerlos en relación con una historia sensible de cuatro dimensiones, cuyas secciones momentáneas no son planos, como en el diagrama, sino espacios de tres dimensiones. Además, en nuestro diagrama no hay planos *momentáneos*, excepto los propios espacios sin tiempo.

e) Líneas físicas universales y sus relaciones mutuas

Es evidente que una tal historia sensible idealizada como la que acabamos de describir sería una especie de «mundo», con un tiempo, un espacio sin tiempo y unos objetos que se mueven o permanecen inmóviles en este último, a medida que transcurre el primero. Así, pues, la cuestión es la siguiente: ¿Hasta qué punto puede considerarse el mundo de objetos y procesos físicos como algo que forma un conjunto espacio-temporal análogo, por naturaleza, a una historia sensible idealizada? Si la analogía es total, el mundo físico tendrá un tiempo-*dirección* (si bien muchos *ejes-tiempo* paralelos) y un Espacio sin tiempo, que será del tipo euclidiano. En este Espacio todos los objetos físicos permanecerán inmóviles o estarán en movimiento a medida que transcurre un Tiempo físico.

Estamos ahora en condiciones de ver que ninguna opinión de este tipo sobre la estructura del mundo físico puede cuadrar con los fenómenos conocidos. Después de todo, ¿por qué deben los procesos y los objetos físicos que están relacionados con diversas historias sensibles *diferentes* formar un conjunto espacio-temporal que sea exactamente análogo en su estructura a una *sola* historia sensible? Incluso si existiera cierta analogía, no tenemos ni el más mínimo derecho a esperar que pueda extenderse a cada detalle, es decir, que no tiene por qué sorprendernos que la geo-cronometría de un Espacio-Tiempo físico no sea exactamente igual a la de una historia sensible idealizada. A continuación veremos que la paradoja más aparente de la Teoría de la Relatividad se debe a que defrauda nuestra ingenua creencia de que la geo-cronometría del Espacio-Tiempo físico debe ser exactamente igual a la de una historia sensible idealizada. Pero al reflexionar sobre esta cuestión vemos que esto carece de fundamento, y que no deja de ser una extraña coincidencia el que las geo-cronometrías de dos conjuntos tan diferentes resulten exactamente iguales.

Después de estas observaciones preliminares veamos en qué medida puede existir tal analogía. Un objeto físico es una sucesión de procesos científicos, del mismo modo que un objeto sensible es una serie de sucesivos *sensa* en una historia sensible. Un objeto sensible exacto, tanto si es posicionalmente uniforme como no uniforme, es una línea de alguna clase en su historia sensible. Si es posicionalmente uniforme y, por tanto, permanece inmóvil en el espacio sin

tiempo de la historia sensible, es una línea recta, paralela al eje-tiempo; si se mueve, es una curva de alguna clase sobre una superficie generada por líneas paralelas al eje-tiempo, etc. Si de este modo un objeto físico exacto puede considerarse como análogo a un objeto sensible, deberemos suponer que él (o su historia, si se prefiere) es una curva de alguna clase en el Espacio-Tiempo físico. A esta curva la llamaremos «curva universal», según Minkowski. Todas las demás partículas materiales deben igualmente considerarse como curvas en el Espacio-Tiempo físico. Seguidamente debemos considerar las características intrínsecas y las relaciones mutuas de las líneas universales, ya que toda la cuestión de si merece la pena o no hablar del Espacio-Tiempo físico depende de la naturaleza de aquéllas.

Supongamos que B, el cuerpo del observador β, aparece como un objeto sensible inmóvil en la historia sensible visual de otro observador α. Sabemos que A, el cuerpo de α, aparecerá como un objeto sensible inmóvil en la historia sensible visual de β, siempre que las sensaciones cinestésicas de α y de β sean iguales. La completa simetría entre las experiencias de α en relación con B y las experiencias de β en relación con A, indican la existencia de una gran similitud en las líneas universales de A y de B. (O, mejor dicho, en las líneas universales que representarían sus historias si fueran reducidas a dimensiones espaciales exactas). Parece, pues, razonable suponer que, en tales casos, tratamos con pares de líneas universales intrínsecamente similares y similarmente situadas en el Espacio-Tiempo físico. Podemos concebir grupos de observadores cuyos cuerpos forman grupos de líneas universales similares y similarmente situadas. A estas las llamaremos *grupos de objetos físicos relativamente inmóviles*. Ya sabemos que si un cuerpo determinado aparece como un objeto sensible que se mueve en el espacio sin tiempo de cualquier miembro del grupo, aquél aparecerá como un objeto sensible que se mueve en el espacio sin tiempo de *cada* miembro del grupo. Si se trata del cuerpo de un observador, sabemos, además, que sus sensaciones cinestésicas traslativas se diferenciarán de las de todos los miembros del grupo. Además, todos los cuerpos del grupo aparecerán a este observador como objetos sensibles que se mueven de manera absoluta, pero que permanecen inmóviles entre sí, en el espacio sin tiempo de la historia sensible de aquél. Parece, pues, razonable suponer que la línea universal del cuerpo de este observador es, en cierto modo, diferente a aquellas del grupo en cuestión. Puede haber una diferencia intrínseca en la naturaleza de la curva, o alguna diferencia en su situación o dirección en el Espacio-Tiempo físico. Una ilustración geométrica de la primera diferencia nos la proporcionarían una línea recta y una hipérbola; una ilustración de la segunda clase de diferencia nos la proporcionarían dos líneas rectas no situadas en el mismo plano, o dos líneas rectas situadas en el mismo plano formando un ángulo entre sí.

Ahora podemos aplicar estas observaciones, en la forma acostumbrada, de los cuerpos observadores a objetos físicos en general. Podemos suponer que un grupo de partículas relativamente inmóviles

equivale a un grupo de líneas universales similares y similarmente situadas, y que cualquier partícula que se mueve relativamente a este grupo es una línea universal que difiere, bien intrínsecamente o por su situación en el Espacio-Tiempo físico, de los miembros de este grupo.

f) Líneas universales rectas y torcidas

Las líneas universales pueden ser curvas de muchas clases diferentes; algunas pueden ser intrínsecamente muy complejas (como, por ejemplo, curvas muy torcidas en espacio corriente); otras pueden ser intrínsecamente muy sencillas (como, por ejemplo, líneas rectas corrientes). Se recordará que un objeto sensible exacto, que permanece inmóvil en el espacio sin tiempo de su historia sensible, es una línea paralela al eje-tiempo de la historia. Los objetos sensibles exactos, que se mueven en el espacio sin tiempo de la historia sensible, pueden ser líneas rectas (si bien no necesitan serlo); pero nunca son paralelas al eje-tiempo. Ahora debemos ver hasta qué punto existe una analogía de este caso en el Espacio-Tiempo físico.

Si es que puede existir alguna analogía entre una historia sensible y el mundo físico, debemos suponer: 1) Que por lo menos algunas partículas son líneas universales *rectas;* 2) Que por lo menos algunas de estas líneas universales rectas son direcciones permisibles para los ejes-tiempo del Espacio-Tiempo físico; y 3) Que partiendo del principio de que determinadas partículas tienen las características 1) y 2), y utilizando un criterio adecuado de simultaneidad, podemos explicar todas las conocidas normas generales respecto a la correlación espacio-temporal entre los procesos físicos. Ahora veremos hasta dónde puede llegar esta analogía sobre la base de esta suposición.

Una línea universal recta que sea un eje-tiempo permisible para el Espacio-Tiempo físico será análogo al tiempo-duración de una historia sensible. Si todo el mundo físico en su conjunto es análogo a una sola historia sensible, cada proceso físico momentáneo deberá tener una y sólo una línea universal recta que lo atraviese, paralela al tiempo-duración dado. El conjunto de tales líneas universales paralelas puede llamarse un *sistema de coordenadas físico.* De lo anteriormente expuesto en la última sección se desprende que cada línea de un tal conjunto equivale a un punto en el espacio sin tiempo del sistema, y a la inversa. Cada línea del conjunto es, en realidad, la historia de una partícula hipotética, que permanece en un lugar determinado en el espacio sin tiempo del sistema, a medida que transcurre el tiempo de dicho sistema. El *lugar* de cualquier proceso-punto momentáneo en el espacio sin tiempo del sistema será la línea particular del conjunto que atraviese este proceso-punto. El *tiempo* de este proceso en el sistema equivaldrá a su particular posición en esta línea.

Las partículas que se mueven uniformemente en líneas rectas en el espacio sin tiempo de este sistema serán líneas universales que 1) son rectas, y 2) están comprendidas en un plano determinado paralelo al eje-tiempo, pero 3) no son ellas mismas paralelas a aquél. Las

partículas que se mueven no uniformemente, sino en forma rectilínea en el espacio sin tiempo del sistema serán líneas universales que: 1) no son rectas, pero 2) están comprendidas en algún lugar paralelo al eje-tiempo. Este plano en el Espacio-Tiempo es, naturalmente, la línea recta en el espacio sin tiempo del sistema a lo largo de la cual se mueve la partícula. Las partículas que se mueven no uniformemente y de manera no rectilínea en el espacio sin tiempo del sistema serán líneas que 1) no son rectas, 2) no son planas, pero 3) están confinadas en una superficie generada por líneas rectas paralelas al eje-tiempo del sistema. Finalmente, los espacios momentáneos del sistema dado serán secciones de Espacio-Tiempo físico, normales al eje-tiempo del sistema. Los procesos momentáneos en el mismo espacio momentáneo serán contemporáneos respecto al sistema.

g) El punto de separación entre el punto de vista tradicional y la Teoría Especial de la Relatividad

Existe, pues, una completa analogía entre un sistema de coordenadas físico y una historia sensible idealizada, sobre la base de las suposiciones que hacemos actualmente. Partiendo de estas suposiciones, todo proceso en la Naturaleza tiene su lugar y tiempo en dicho sistema. Pero ahora surge una cuestión respecto a la cual no existe analogía en una historia sensible. La cuestión es la siguiente: ¿Son todas las líneas universales rectas ejes-tiempo permisibles para el Espacio-Tiempo físico, o son algunas permisibles y otras no? Y, si es cierto esto último, ¿en qué se diferencian las que son permisibles de las que no lo son?

En una historia sensible dada hay una y sólo una tiempo-*dirección*. Esto se debe a que la simultaneidad o sucesión de los *sensa* en la misma historia sensible es, en realidad, *sentida*, y que, por tanto, no podemos decidir cuáles deben ser agrupados como simultáneos y cuáles debemos agrupar aparte como sucesivos. Los fragmentos sucesivos de la historia sensible nos son proporcionados en la forma de campos sensibles, y la única posible tiempo-dirección es la de su normal común. La única elección posible es tomar cualquier línea recta en la historia sensible, paralela al tiempo-dirección, como permisible eje-tiempo, suponiendo que la geo-cronometría de la historia sensible sea euclidiana.

Si existiera una analogía exacta entre Espacio-Tiempo físico y una historia sensible idealizada, no existiría más que una dirección en Espacio-Tiempo que podría considerarse como el tiempo-dirección. De ser esto así, no habría más que un sistema de coordenadas en el que todos los procesos de la Naturaleza ocuparían permanentemente un lugar y un tiempo. Lo único que podríamos decir es que cualquier sistema que permaneciera en el espacio sin tiempo del primero sería en sí un sistema permisible, lo que sólo implicaría tomar otra línea universal, paralela a la original, como eje-tiempo.

Ahora bien, ésta es exactamente la suposición adoptada por la fí-

sica matemática clásica. Esta asumió que sólo existía un sistema de coordenadas substancial en el que todos los procesos de la Naturaleza ocupaban permanentemente un lugar y un tiempo. El espacio sin tiempo de éste es el «éter estancado», y el permisible tiempo-dirección es la historia de cualquier partícula del éter o de cualquier partícula que permanece en él. Ninguna línea recta que forme un ángulo con el tiempo-dirección más sobresaliente podrá ser un eje- tiempo; las secciones de Espacio-Tiempo físico normales a tal línea no serán espacios momentáneos, y todo el conjunto de líneas paralelas a tal línea no formarán los puntos de un espacio sin tiempo.

Tal punto de vista no comporta nada antecedentemente absurdo. Las características temporales y espaciales *son* diferentes para todos los observadores y, por tanto, puede que sólo exista una dirección sobresaliente en el Espacio-Tiempo que pueda considerarse como un tiempo-dirección. Además, es seguro que la suposición no puede ser *muy* errónea, ya que es la suposición adoptada por la física tradicional, y ésta ha mostrado ser capaz de abordar todas las correlaciones espacio-temporales más evidentes de los procesos físicos en un solo esquema espacio-temporal. En realidad, podemos rechazar inmediatamente el punto de vista opuesto, o sea, que *todas* las líneas universales rectas son igualmente permisibles como ejes-tiempo. Esto estaría en contradicción con la ya admitida diferencia entre las características espaciales y temporales respecto a todos los observadores, y con la favorable acogida de que ha sido objeto la suposición diametralmente opuesta de que sólo existe una dirección en el Espacio-Tiempo que pueda considerarse como eje-tiempo.

h) La hipótesis de una serie limitada de tiempo-direcciones

La única alternativa que merece la pena examinar es la de que todas las líneas universales rectas, cuyas direcciones se *encuentran dentro de unos límites determinados*, y sólo éstas, son tiempo-direcciones permisibles. Según la física tradicional, el Espacio-Tiempo físico es *exactamente* análogo en su estructura a una sola historia sensible idealizada. El problema que nos ocupa hace que sea considerablemente diferente en principio, si bien no es necesariamente muy diferentes en la práctica. Nada sino las correlaciones observables entre los procesos físicos, como lo ponen de manifiesto las correlaciones entre procesos sensibles en diversas historias sensibles, pueden decidir entre estas alternativas.

Si reflexionamos un poco, vemos que existe cierta incoherencia en el punto devista tradicional por lo que se refiere a los fenómenos mecánicos. Es un hecho admitido que los ejes que se mueven uniformemente en líneas rectas en el espacio sin tiempo del supuesto sistema fundamental servirán igualmente bien para situar procesos con fines mecánicos. Y tales ejes estarán representados por líneas universales rectas que forman un ángulo con las que representan al sistema fundamental. Si sólo hubiera que abordar fenómenos mecánicos sería natural su-

poner que todas estas líneas universales servirían como ejes-tiempo, y que todos los sistemas correspondientes servirían para situar y atribuir tiempos a los procesos físicos. La única razón para pensar que debe existir un sistema fundamental relacionado con una determinada dirección única en el Espacio-Tiempo es la noción de que cualquier par de procesos deben ser o bien simultáneos o bien sucesivos, y que jamás pueden ser ambas cosas a la vez. Pensamos que los fenómenos de la luz, la electricidad y el magnetismo nos mostrarían el sistema fundamental, meramente ocultado en los fenómenos mecánicos por la particular forma que tienen las leyes del movimiento. Por tanto, la opinión tradicional sostiene que existe sólo un tiempo-dirección permisible que puede y debe utilizarse para *atribuir el tiempo a todos* los fenómenos físicos. Pero ello permite *situar los fenómenos mecánicos* por referencia a cualesquiera ejes que se muevan uniformemente y en línea recta en el espacio sin tiempo del sistema fundamental.

Ahora bien, los experimentos en los que se basa la Teoría Especial de la Relatividad muestran que esta supuesta diferencia entre los fenómenos mecánicos y electromagnéticos no es más que un mito. Los fenómenos electromagnéticos no exponen sistema fundamental alguno. Sus leyes mantienen exactamente la misma forma al referir los hechos a ejes que se mueven uniformemente y en línea recta en el espacio de un sistema fundamental, *siempre que* consideremos la línea universal recta que representa estos ejes en movimiento como un tiempo-dirección permisible y la utilicemos para atribuir los tiempos correspondientes a los fenómenos electromagnéticos.

La Teoría Especial de la Relatividad puede, en realidad, resumirse como sigue: Existe una serie completa de direcciones en el Espacio-Tiempo, igualmente permisibles como tiempo-direcciones para atribuir tiempos a los procesos físicos. Pero todos los tiempo-direcciones permisibles están confinados dentro de determinados límites. Correspondiendo con cualquiera de éstos habrá un espacio sin tiempo, cuyos puntos son las líneas universales paralelas a aquél. Todo proceso físico tiene un lugar y tiempo únicos en cualquier sistema de este tipo. Su lugar en el espacio sin tiempo de cualquier sistema está determinado por la línea, paralela al tiempo-dirección del sistema, que lo atraviesa. Su tiempo en el sistema está determinado por su posición sobre esta línea. Las leyes de todos los fenómenos físicos tienen exactamente la misma forma, independientemente de cuál de estos sistemas es utilizado para situarlos y atribuirles su tiempo correspondiente.

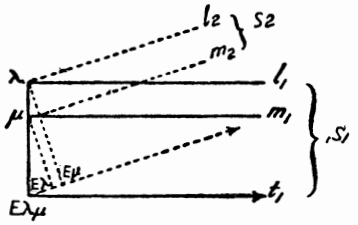
Todos los aspectos característicos de la Teoría Especial de la Relatividad encuentran inmediata explicación partiendo de esta suposición sobre la geo-cronometría del Espacio-Tiempo físico, como mostraré ahora en breve resumen.

1) Nada hay que pueda llamarse *el* Espacio sin tiempo de la Naturaleza. Existen tantos espacios sin tiempo diferentes como puedan existir diferentes tiempo-direcciones permisibles.

2) Dos procesos que son contemporáneos en un sistema no lo

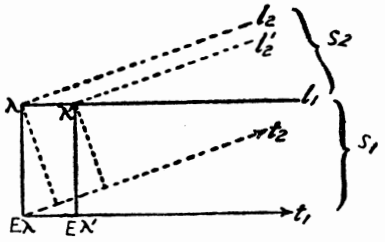
son en otro, a menos que ocupen el mismo lugar en el espacio sin tiempo del primer sistema. El siguiente diagrama esclarece esto.

Llamemos a los dos sistemas S_1 y S_2. Puesto que difieren, consistirán de dos ramales de líneas universales paralelas, inclinadas las



unas sobre las otras. Como los dos procesos no ocupan el mismo lugar en el espacio sin tiempo de S_1, se encontrarán en dos líneas universales diferentes del ramal, digamos en l_1 y m_1, y como ambos deben ser contemporáneos en S_1, los dos deben encontrarse en algún espacio momentáneo de S_1. Este será un fragmento de Espacio-Tiempo, normal al tiempo-dirección de S_1. Llamemos a este espacio momentáneo Eλμ. Así, los puntos λ y μ, donde las líneas l_1 y m_1 atraviesan Eλμ, representarán nuestros dos procesos, los cuales son simultáneos en el sistema S_1, pero espacialmente separados en su espacio sin tiempo. Supongamos ahora que λ se encuentra sobre la línea l_2 del sistema S_2, y que μ se encuentra sobre la línea m_2 del sistema S_2. En este sistema, en lugar de encontrarse en un solo espacio momentáneo Eλμ, se encontrarán en dos espacios momentáneos sucesivos Eλ y Eμ. Por tanto, son sucesivos en S_2, si bien simultáneos en S_1. Además, la distancia que los separa en los dos espacios sin tiempo no es la misma. En el primero equivale a la distancia entre l_1 y m_1; en el segundo equivale a la distancia mínima entre l_2 y m_2.

3) A la inversa, dos procesos que ocupan el mismo lugar en el espacio sin tiempo de S_1 no se encontrarán en el mismo lugar en el espacio sin tiempo de S_2, a menos que sean también contemporáneos en S_1. Véase el siguiente diagrama.



Los dos procesos se encuentran sobre una línea determinada l_1, paralela a t_1, ya que ocupan el mismo lugar en el espacio sin tiempo de S_1. Como no son contemporáneos en S_1, deberán encontrarse en

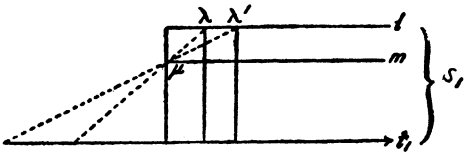
diferentes espacios momentáneos, Eλ y Eλ′, de S_1. Los dos procesos estarán representados por los dos puntos λ y λ′, en los que la línea l_1 atraviesa estos dos espacios momentáneos, respectivamente. En S_2, los dos procesos λ y λ′ se encuentran necesariamente en dos líneas *diferentes*, l_2 y l'_2, paralelas a t_2, el tiempo-dirección de S_2. Por tanto, se encuentran en lugares *diferentes* en el espacio sin tiempo de S_2. Además, su separación temporal es diferente en los dos sistemas. En S_1 está representada por la línea λλ′, en S_2 por la línea más corta entre las dos normales de puntos *a* t_2, las cuales representan los espacios momentáneos de S_2, en el que están, respectivamente, situados los dos procesos.

4) Nos quedan aún por examinar algunas deducciones del hecho de que no *todas* las líneas universales rectas son ejes-tiempo permisibles, sino sólo aquellas cuyas direcciones se hallan dentro de una determinada serie limitada en el Espacio-Tiempo físico. Tomemos cualquier línea universal recta *t*, que sea eje-tiempo permisible, y consideremos cualquier otra línea universal recta no paralela *p*. Existirá un solo y único plano en el Espacio-Tiempo que sea paralelo a *y* y que contenga *p*. En este plano, tomemos una línea *t′* paralela a *t*. Entonces *p* y *t′* se cortarán entre sí formando ángulo. Este plano será una línea recta en el segundo espacio sin tiempo del sistema del que *t* es el eje-tiempo. La línea *p* representará una partícula que se mueve a lo largo de esta línea recta en el espacio sin tiempo a una velocidad uniforme. Como vimos en la última subdivisión, cuanto mayor sea la velocidad de esta partícula mayor será el ángulo entre *p* y *t′*. Ahora sabemos que si el ángulo *p* y *t′* excede a un tamaño determinado, *p* no será un eje-tiempo permisible. Esto implicaría que *no* hay sistema alguno en cuyo espacio sin tiempo permanece inmóvil la partícula, cuya historia es la línea *p*. Esto estaría en contradicción con la completa relatividad de la quietud y movimiento físicos. Por consiguiente, existe una determinada velocidad máxima relativa posible, cuya magnitud está determinada por el tamaño del ángulo en el Espacio-Tiempo, dentro del cual se hallan todos los tiempos-direcciones permisibles. Si una línea universal recta formara un ángulo mayor que éste con cualquier tiempo-dirección permisible, no podría ser la historia de una verdadera partícula o proceso físico. Naturalmente, tal línea universal atravesaría en un punto cada espacio momentáneo de cualquier sistema; mas no podemos considerar estos sucesivos puntos momentáneos como fragmentos de la historia de *un* objeto cualquiera, si bien, naturalmente, cada uno puede ser un fragmento de la historia de un objeto *diferente*. Esta noción de determinada velocidad máxima relativa es característica de la Teoría Especial de la Relatividad, la cual, desde el punto de vista empírico, identifica esta velocidad con la de la luz *en el vacío*.

5) Que yo sepa, no podemos determinar nada respecto a la verdadera magnitud del ángulo del cono de cuatro dimensiones en el Espacio-Tiempo físico, dentro del cual se encuentran todos los tiempos-direcciones permisibles. La tangente de su medio ángulo será, en rea-

lidad, la velocidad de la luz. Mas no debemos suponer que porque *c*, la velocidad de la luz en centímetros por segundo, es un número muy grande, el medio ángulo del cono substancial deberá ser muy próximo a un ángulo recto, por lo que debe existir una serie muy amplia de posibles tiempos-direcciones. Está claro que el valor numérico de la velocidad de la luz depende totalmente de las unidades que decidamos utilizar para medir la distancia y la duración. La cantidad de *c* puede significar simplemente que el centímetro es una unidad-espacio muy reducida, o que, el segundo, es una unidad-tiempo muy grande; nada nos dice sobre el tamaño del ángulo del cono substancial.

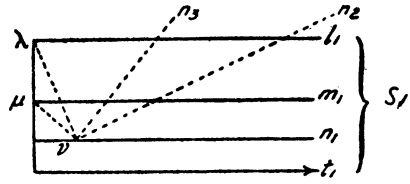
6) Se desprende de lo anteriormente expuesto que, al mismo tiempo que todos los puntos en cualquier espacio sin tiempo son líneas universales rectas, existen muchas líneas universales rectas que no son puntos en espacio sin tiempo alguno. Asimismo, se desprende que determinados pares de procesos-punto están intrínsecamente separados espacialmente, es decir, que ocupan diferentes posiciones en *todos* los espacios sin tiempo, mientras que otros no lo están, es decir, que ocupan el mismo lugar en un determinado espacio sin tiempo. El siguiente diagrama lo ilustra



Supongamos que $\lambda\lambda'$ son dos procesos-punto en el mismo punto *l* del espacio sin tiempo del sistema S_1. Supongamos que μ es otro proceso-punto momentáneo en el punto *m* del mismo sistema, y que λ, λ' y μ tienen todos tiempos diferentes en este sistema. Tracemos las líneas universales rectas $\lambda\mu$ y $\lambda'\mu$. Si ambas caen dentro del cono substancial, las dos serán tiempo-direcciones permisibles. En ese caso, λ y μ ocuparán el mismo lugar en el espacio sin tiempo del sistema correspondiente a $\lambda'\mu$. Pero puede ocurrir que $\lambda'\mu$ caiga dentro del cono y que $\lambda\mu$ caiga fuera de él. En ese caso, $\lambda\mu$ no será paralela a un posible eje-tiempo, y, por tanto, no será un punto en espacio sin tiempo alguno. Por consiguiente, los procesos-punto momentáneos λ y μ tendrán una separación espacial *intrínseca*. Puede observarse que la cuestión de saber si dos procesos-punto momentáneos, los cuales ocupan diferentes lugares en el espacio sin tiempo de un sistema determinado, están o no intrínsecamente separados en el espacio, depende de si sus tiempos en el sistema están muy separados o poco separados. λ y μ, los cuales están intrínsecamente separados en el espacio, están mucho más próximos respecto a su tiempo que λ' y μ, los cuales no están espacialmente separados en *todos* los espacios sin tiempo.

7) Cabe hacer las mismas observaciones, *mutatis mutandis*, res-

pecto a la separación temporal. Esta es a veces intrínseca y a veces no lo es. Como lo muestra el siguiente diagrama



λ' y μ son dos procesos-punto momentáneos, los cuales son simultáneos en el sistema S_1 y ocupan los dos puntos l_1 y m_1, respectivamente, en el espacio sin tiempo de este sistema. ν es un tercer proceso-punto, que difiere tanto en tiempo como en lugar de λ y de μ en el sistema S_1. Unamos $\lambda\nu$ y $\mu\nu$ mediante líneas universales rectas. Tracemos las líneas universales rectas n_2 y n_3, normales a $\lambda\nu$ y $\mu\nu$, respectivamente. Si tanto n_2 como n_3 son tiempos-direcciones permisibles, $\lambda\nu$ y $\mu\nu$ representarán ambas espacios momentáneos, uno en el sistema correspondiente a n_2 y el otro en el sistema correspondiente a n_3. En este caso, λ y ν serán contemporáneos en uno de estos sistemas, y μ y ν serán contemporáneos en el otro sistema. Por tanto, su separación temporal no es intrínseca. Pero puede ocurrir que mientras n_2 cae dentro del cono substancial, y, por tanto, es un tiempo-dirección permisible, n_3 cae fuera de él y, por tanto, no es un tiempo-dirección permisible. En ese caso, $\lambda\nu$ será un espacio momentáneo y $\mu\nu$ no lo será. Por esta razón μ y ν están *intrínsecamente* separados en tiempo, es decir, que no hay sistema alguno en el que sean simultáneos. De nuevo, aquí la diferencia depende del hecho de que λ y ν están más lejos el uno del otro en el espacio sin tiempo de S_1 que lo están μ y ν. Por consiguiente, dos procesos-punto que son sucesivos en un sistema determinado son intrínsecamente sucesivos si están lo suficientemente próximos en el espacio sin tiempo del sistema. Si se encuentran lo suficientemente lejos el uno del otro en el espacio sin tiempo, no serán intrínsecamente sucesivos, es decir, que será posible hallar un sistema en el que sean simultáneos.

Estas siete deducciones extraídas de la opinión de que más de una, pero no todas, las direcciones en el Espacio-Tiempo físico son tiempo-direcciones permisibles, constituyen resultados característicos de la Teoría Especial de la Relatividad; y como esto, en realidad, cuadra mejor con los fenómenos que las opiniones tradicionales, podemos suponer que el Espacio-Tiempo tiene esta clase particular de estructura, por lo menos en un alto grado de aproximación. Así, pues, el mundo físico en su conjunto no es completamente análogo a una sola historia sensible idealizada, ya que esta última tiene sólo una posible tiempo-dirección, mientras que el primero tiene varios. En lugar de sorprendernos, esta diferencia debe causarnos impresión por las notables similitudes existentes entre las estructuras de dos conjuntos de este tipo.

i) Hechos que corroboran la anterior teoría de la geo-cronometría del Espacio-Tiempo físico

Si la anterior opinión sobre la estructura del Espacio-Tiempo físico es demostrable, como lo es en un alto grado de aproximación, debemos disponer de ciertos medios empíricos para 1) distinguir entre líneas universales rectas y torcidas, y 2) distinguir aquellas líneas universales rectas que son tiempo-direcciones permisibles, de las que no lo son. Llegamos a ver que podemos unificar los hechos suponiendo que la historia de cualquier partícula que permanece inmóvil relativamente a las estrellas en una línea universal recta, y que la historia de cualquier partícula que se mueve en línea recta respecto a las estrellas y a una velocidad uniforme como lo indican relojes ajustados por el método de señales luminosas descrito en el capítulo cuarto de la primera parte, constituye otra línea universal recta en ángulo con la primera. Y la historia de una onda de luz es el tipo límite de línea universal recta que podemos considerar como un tiempo-dirección permisible. Es importante observar que cualquier sistema de coordenadas permisible para el Espacio-Tiempo físico es exactamente análogo, según la teoría que nos ocupa, a una historia sensible idealizada, si bien debemos abordarlos desde puntos de vista bastante diferentes. Las relaciones temporales entre procesos en la historia sensible son percibidos directamente mediante el sentido y la memoria. Ciertos procesos son *proporcionados* simultáneamente y otros son *proporcionados* sucesivamente. Además, la historia sensible tiene una unidad intrínseca de duración en la duración sensible constante de todos los Presentes Latos sucesivos. Al examinar el mundo físico debemos establecer *criterios* respecto a la simultaneidad o sucesión de los procesos físicos y hasta haber efectuado esto no podemos decir qué procesos físicos pueden situarse en el mismo espacio momentáneo y cuáles en espacios momentáneos diferentes de un sistema dado. Además, no existe norma intrínseca de igualdad de duración física, por lo que debemos establecer algún criterio sobre la igualdad de intervalo de tiempo. Hasta haber efectuado esto no podemos decidir si el movimiento de una partícula determinada en el espacio sin tiempo de un determinado sistema es uniforme o no lo es. Y, hasta haberlo decidido, no podemos decir si la historia de esta partícula debe o no considerarse como una línea universal recta, en ángulo con el tiempo-dirección del sistema en cuestión.

j) La diferencia entre las Teorías Especial y General de la Relatividad

La física tradicional y la Teoría Especial de la Relatividad coinciden en hacer euclidiana la geo-cronometría del Espacio-Tiempo físico. O, más exactamente, la geo-cronometría *del* sistema permisible, según la teoría tradicional, es euclidiana, y la de *cada* uno de *numerosos* sistemas permisibles, según la Teoría Especial de la Relatividad, es

también euclidiana. Esto quiere decir que, según ambas opiniones, todas las líneas universales son líneas rectas euclidianas, lo cual implica que la geometría de un espacio sin tiempo de la teoría tradicional y la de numerosos espacios sin tiempo de la Teoría Especial de la Relatividad es euclidiana.

Ahora bien, en ambas teorías hemos tomado la historia de una partícula que permanece inmóvil o se mueve relativamente a las estrellas a una velocidad uniforme y rectilínea, según lo indican relojes debidamente ajustados, como una línea universal recta. Análogamente, en ambas teorías hemos tomado la historia de una onda de luz como una línea universal recta. Pero, incluso según la teoría tradicional, tendría que admitirse que la universalidad de la gravitación no permite que la historia de cualquier verdadera partícula sea una línea universal completamente recta, según esta definición, si la geo-cronometría del Espacio-Tiempo físico ha de ser euclidiana. Y esto porque por muy lejos que se encuentre una partícula de las setrellas y de los demás cuerpos, ésta será objeto, incluso desde el punto de vista tradicional, de las fuerzas de gravitación, aunque éstas puedan ser prácticamente insignificantes. A esto debemos añadir el hecho recientemente descubierto de que la luz y todas las demás formas de energía irradiada son ellas mismas afectadas por los campos de gravitación. Así, llegamos a la conclusión de que *si* la geo-cronometría del Espacio-Tiempo físico es euclidiana, deberá admitirse que la historia de *ninguna* partícula o proceso con el que pudiésemos encontrarnos es, en realidad, una línea universal recta. Por consiguiente, tanto la física tradicional como la Teoría Especial de la Relatividad se encuentran en la singular posición de sostener que la geo-cronometría del Espacio-Tiempo físico es euclidiana, y que, por tanto, todas las líneas universales rectas son líneas rectas euclidianas, para después admitir que la historia de ninguna verdadera partícula o proceso es una línea recta euclidiana. La fuerza universal de gravitación aparece así como una hipótesis que explica esta divergencia universal. Admitamos que esto difícilmente puede inspirar confianza.

Ahora bien, la hipótesis euclidiana es sólo una de tres posibilidades; las otras dos son la hiperbólica y la elíptica, como ya hemos descrito anteriormente en este mismo capítulo. Estos tres tipos de hipótesis coinciden en el importante aspecto de que cualquier complejo que contenga dos cualesquiera de estas tres estructuras es ***homoloidal.*** Esto quiere decir, en líneas generales, que la estructura de cualquier región finita del complejo será igual a la de cualquier otra, independientemente del lugar en que se encuentre dicha región dentro del conjunto. Unicamente sobre la base de estas tres hipótesis puede ser esto cierto. Es, pues, evidente que ahora lo lógico sería suponer que la geo-cronometría del Espacio-Tiempo físico no es euclidiana, sino homoloidal. Podríamos también suponer que las historias de verdaderas partículas o procesos en campos de gravitación son líneas universales rectas, aunque éstas no son líneas rectas euclidianas, sino hiperbólicas o elípticas. Si esta opinión sobre la estruc-

tura del Espacio-Tiempo físico explicara todos los fenómenos de gravitación, sin tener que introducir la gravitación *ad hoc* como una fuerza especial pero universal, sería naturalmente razonable adoptarla.

Ahora podemos examinar los campos de gravitación sobre la base de tal hipótesis, siempre que nos limitemos a regiones del Espacio-Tiempo físico que no están ocupadas por procesos físicos; lo que nos interesa son regiones para las que es valedera la analogía con la ecuación de Laplace

$$\frac{\delta^2 v}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 v}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 v}{\delta z^2} = 0$$

Esta analogía, como vimos en la primera parte, es la desaparición del Tensor Modificado Riemann-Christoffel de toda la zona que nos ocupa. Pero cuando nos interesan zonas ocupadas por procesos físicos, necesitamos una analogía, no con la de Laplace, sino con la ecuación de Poisson

$$\frac{\delta^2 v}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 v}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 v}{\delta z^2} = 4\,\pi\,\rho,$$

en la que p equivale a la densidad del «relleno» de la región.

Ahora bien, la analogía con ésta no es la *desaparición* del Tensor Modificado, sino la igualación de éste con otro tensor que exprese el «relleno» de la zona que nos ocupa. Y debemos recordar que bajo el título de «zonas ocupadas» del Espacio-Tiempo físico debemos incluir no sólo aquellas que contienen materia en el sentido corriente de la palabra, sino, también las que sólo contienen energía irradiada de cualquier clase, ya que ésta también gravita.

Es, pues, evidente que si deseamos explicar los fenómenos de gravitación por referencia a la estructura espacio-temporal de la Naturaleza, no podemos hacerlo atribuyendo una estructura homoloidal al Espacio-Tiempo físico. Debemos atribuir diferentes valores al Tensor Modificado para las diferentes zonas, ya que algunas están físicamente ocupadas y otras no lo están, y de aquellas que están físicamente ocupadas, algunas están más densamente llenas que otras. La desaparición del Tensor *no modificado*, en todo lugar y siempre, implicaría que el Espacio-Tiempo físico es homoloidal y euclidiano; la desaparición del Tensor *modificado*, en todo lugar y siempre, implicaría que el Espacio-Tiempo f'sico es homoloidal, si bien no euclidiano; pero, teniendo en cuenta que es cierto que ninguna de estas alternativas es compatible con los fenómenos de gravitación que los explican en términos de la estructura del Espacio-Tiempo físico, cualquier teoría de este tipo debe dar por supuesta una estructura *no homoloidal* respecto al Espacio-Tiempo físico. La única propiedad que sigue siendo común a todas las regiones del Espacio-Tiempo físico es que el cuadrado de la separación espacio-temporal de cualquier par de procesos adyacentes es una función cuadrática homogénea de las diferencias entre los valores de sus cuatro coordenadas correspondientes en cualquier sistema.

Ahora bien, tiene una gran importancia el que no menospreciemos esta última transición. El paso de una opinión a otra sobre la estructura del Espacio-Tiempo físico, mientras se siga suponiendo que dicha estructura es homoloidal, no tiene importancia filosófica alguna. Pero el salto de una estructura homoloidal a otra no homoloidal no debe considerarse a la ligera. En realidad, entraña, que yo sepa, el abandono definitivo de un determinado concepto de la Naturaleza, hasta ahora mantenido universalmente. Este es, en líneas generales, el concepto de Espacio y Tiempo como indiferentes «envases» inertes, los cuales pueden distinguirse por la materia que los ocupa. Esta opinión aparece en una forma muy primitiva en las teorías absolutas de Espacio y Tiempo. Pero sobrevive y puede permanecer en las teorías relativas y en la Teoría Especial de la Relatividad. El valor efectivo de la distinción entre Espacio-Tiempo físico y su contenido es que la suma de los procesos físicos tiene una determinada estructura espacio-temporal que es siempre y en todo lugar la misma, y que, a su vez, es independiente de las diferencias cualitativas entre los procesos. Una región del Espacio-Tiempo sólo se diferencia de otra por diferencias cualitativas en el relleno de las dos zonas. Ahora bien, cualquier opinión de tal tipo desaparece por completo en la Teoría General de la Relatividad. Se ha dicho que la Teoría Especial rompe la distinción entre Espacio y Tiempo y que la Teoría General rompe la distinción entre éstos y la Materia. La primera parte de este criterio me parece muy débil, ya que la distinción entre separación espacial y temporal sigue existiendo para cada observador. La Teoría Especial no rompe la *distinción*, sino el aislamiento de Espacio y Tiempo. Pero, en un sentido muy real, la Teoría General sí rompe la *distinción* entre Espacio-Tiempo y procesos.

Esto no lo considero como una objeción a la Teoría General. Todas las teorías no son sino formas de unificar bajo unos conceptos los fenómenos observables, y cualquier teoría que logra esto es admisible. Mi único deseo es hacer ver al lector que se trata de una forma radicalmente nueva de examinar la Naturaleza. Creo que siempre será posible unificar los fenómenos mediante el esquema más corriente de Espacio-Tiempo homoloidal y de adecuados campos de energía. Siempre que éste cuadre mejor con nuestra forma tradicional de examinar las cosas deberá ser preferido. Pero es de suponer que sus ventajas son sólo temporales, que se desvanecen en cuanto conocemos más a fondo los conceptos alternativos, y que nuestra preferencia por el Espacio-Tiempo homoloidal, *plus* los campos materiales y de energía, no tiene mayor importancia substancial que nuestra preferencia por empezar la comida con los entremeses y terminarla con el café, en lugar de hacerlo al revés.

Obras adicionales que pueden consultarse con provecho:

A. N. WHITEHEAD, *Principles of Natural Knowledge*, caps. IX a XIII; *Concept of Nature*, caps. V a IX; *Mathematical Concepts of the Material World* (Proc. Roy Soc., vol. 205); *The Principle of Relativity* (*)
H. MINKOWSKI, *Raum und Zeit.*
H. WEYL, *Space, Time, and Matter.*
A. S. EDDINGTON, *Report on the Relativity Theory of Gravitation.*
A. A. ROBB, *A Theory of Time and Space; Absolute Relations of Time and Space.*
S. ALEXANDER, *Space, Time, and Deity*, vol I.
B. RIEMANN, *Ueber die Hypothesen welche der Geometrie zu Grunde liegen.*
D. M. Y. SOMMERVILLE, *Non-Euclidean Geometry.*
E. H. NEVILLE, *The Fourth Dimension.*

(*) Esta importante obra apareció cuando el presente libro se estaba imprimiendo. Whitehead considera que el Espacio-Tiempo debe ser homoloidal; y deduce los resultados característicos de la Teoría General de la Relatividad partiendo de una modificación en la ley tradicional de la gravitación, y no de las supuestas variaciones en la estructura de diferentes zonas del Espacio-Tiempo.

Las condiciones fisiológicas de las sensaciones y la posición relativa ontológica de los «sensa»

«.... quam sedem Somnia vulgo
Vana tenere ferunt, foliisque sub omnibus haerent.
Multaque praeterea variarum monstra ferarum,
Centauri in foribus stabulant, Scyllaeque biformes,
Et centumgeminus Briareus, ac bellua Lernae
Horrendum stridens, flammisque armata Chimaera.
. . . . . .
Et ni docta comes tenues sine corpore vitas
Admonuit volitare cava sub imagine formae,
Irruat, et frustra ferro diverberet umbras.»

(VIRGIL, *Æneid*, VI.)

Al final del capítulo octavo señalamos que la Teoría Científica Crítica de los objetos físicos y nuestra percepción de los mismos dejaban pendientes dos problemas fundamentales. Uno de ellos consistía en esclarecer el significado de *lugar, forma, tamaño, tiempo, duración,* etcétera, físicos y establecer su valor eefctivo en términos de las características correspondientes de nuestros *sensa,* sobre los que substancialmente deben basarse. He tratado de llevar esta tarea a efecto lo mejor posible en los últimos cuatro capítulos. El otro problema consistía en esclarecer el obscuro criterio de que los objetos físicos externos y nuestros propios cuerpos «producen conjuntamente en nosotros los *sensa* mediante los cuales se nos aparecen estos cuerpos eternos». Es probable que cualquier solución a este problema favorezca (si no la requiere) alguna opinión particular sobre la naturaleza de los *sensa* y su posición relativa ontológica en el Universo. Así, pues, este libro terminará con un intento de definir el significado y valorar la justeza del criterio anteriormente expuesto.

Casi todas las frases de esta formulación están rodeadas de ambigüedades. 1) La noción de producción «conjunta» dista mucho de ser clara y, por tanto, deberán ser analizados sus posibles significados alternativos. 2) Tendremos que plantear la cuestión de saber si las condiciones producen conjuntamente sensaciones, o *sensa,* o ambas cosas. 3) La palabra «producción» es extremadamente ambigua, incluso habiendo explicado lo que queremos decir por «producción *conjunta*». Puede significar un tipo de creación de la nada, o un proceso de causalidad corriente, o un proceso de selección de una masa de materia preexistente.

Estas cuestiones no son, naturalmente, independientes las unas de las otras. Es muy probable que cualquier respuesta a una de ellas excluya ciertas respuestas a las demás e indique otras respuestas para las mismas. Mas debemos comenzar abordando cada cuestión por sepa-

rado, para después examinar en su conjunto los resultados de nuestro análisis por separado.

Sin perjuicio para las conclusiones a las que podamos llegar al examinar la cuestión 2), veremos que lo más indicado es decir en primer lugar que los procesos en los cuerpos externos y en nuestros propios cuerpos condicionan conjuntamente *sensaciones*, en lugar de que condicionan conjuntamente *sensa*. Según nuestro punto de vista, una sensación es un complejo en el que un factor objetivo (el *sensum*) y un factor subjetivo (el acto de sentir) pueden distinguirse entre sí. Por el momento, no afirmamos ni negamos que éstos puedan existir separados el uno del otro. Pero lo que sí es cierto es por lo menos, lo siguiente: todos los *sensa* cuya existencia conozco directamente son componentes de *mis sensaciones*, y todos los *sensa* cuya existencia me comunican otros observadores son componentes de *sus* sensaciones. De ahí que cualquier evidencia que yo crea tener de que determinado procesos físicos y fisiológicos son necesarios y suficientes para producir *sensa* es *prima facie* prueba de que son necesarios y suficientes para producir *sensaciones*. Quizá sólo puedan producir sensaciones al producir *sensa*, mas debemos dejar a un lado esta cuestión por el momento. Así, pues, para empezar, nos referiremos a la producción de sensaciones, dejando como cuestión a discutir saber si ésta entraña la producción de *sensa*.

LA NOCION DE PRODUCCION CONJUNTA

Creo que el punto de vista del sentido común del hombre culto es que existen determinados procesos, muy claramente localizados en el Tiempo y en el Espacio, los cuales tienen lugar en mi cerebro y constituyen las condiciones necesarias y suficientes para originar cada una de mis sensaciones. Si siento un objeto sensible prácticamente uniforme, pienso que existe un proceso prácticamente uniforme en mi cerebro que dura tanto como la sensación y que constituye su condición necesaria y suficiente. Se considera que algunos, pero no todos, de estos procesos-cerebro se deben a procesos físicos externos, tales como el tañir de campanas, encender cerillas, etc. Se supone que otros se deben a causas internas. Se sostiene que, incluso cuando una sensación se debe a alguna causa externa, como, por ejemplo, el tañer de una campana, esto no constituye jamás una condición suficiente. Algo debe ser transmitido desde el objeto externo al órgano sensible, y algo debe ser transmitido desde el órgano sensible al cerebro. De lo contrario, el proceso-cerebro, que debe ser la condición necesaria y suficiente para originar la sensación, no tendrá lugar y, por tanto, la sensación no se producirá. Considero oportuno introducir en primer lugar algunos términos técnicos necesarios para la formulación del punto de vista del sentido común; después esclareceré ciertas ambigüedades en la noción de condiciones necesarias y suficientes, y, por último, nos preguntaremos en qué sentido existen, si pueden existir,

motivos para creer que determinados procesos-cerebro localizados con exactitud constituyen las condiciones necesarias y suficientes de cada una de mis sensaciones.

a) CONDICIONES ORIGINADORAS, TRANSMITIVAS Y PRODUCTIVAS

Según el punto de vista corriente, lo producción de una sensación por un proceso físico externo requiere el cumplimiento de, por lo menos, tres tipos de condiciones. Consideremos el caso en que se oye una determinada campanada de una determinada campana. 1) La campana debe ser tañida, pues de lo contrario no oiré ningún sonido característico de la misma en el momento dado. Esta puede llamarse la condición *originadora.* 2) A menos que haya aire o algún otro medio material entre mi cuerpo y la campana no oiré nada, aunque la campana sea tañida. Existen razones excelentes, algunas de las cuales han sido mencionadas en el capítulo décimo, para sostener que hay algo que se desplaza a través del medio a una velocidad finita desde donde está la campana hasta mi cuerpo. Esto puede llamarse una *condición transmisiva externa* para mi sensación de sonido. 3) Tenemos razones para pensar que, incluso si son cumplidas las condiciones originadoras y transmisivas externas para la producción de una sensación, no tendrá lugar sensación alguna, a menos que un determinado nervio permanezca intacto desde el órgano sensible hasta el cerebro. Y generalmente se sostiene que el proceso en el nervio es transmisivo por naturaleza. La comprobación de este hecho es evidente. α) Si se corta el nervio en cualquier punto, a partir de ese momento no podrá experimentarse sensación alguna. Su integridad es, por tanto, una condición necesaria. β) Es posible notar el tiempo preciso en que un estímulo externo actúa sobre un órgano sensible, y luego pedir al paciente que oprima un pulsador tan pronto como haya experimentado la correspondiente sensación. Si este pulsador para un reloj, y éste es lo suficientemente preciso, se registrará siempre un intervalo de tiempo entre los dos procesos. Esto, naturalmente, no demuestra definitivamente que existe cualquier intervalo de tiempo entre la recepción del estímulo y el acaecimiento de la sensación, ya que el tiempo registrado puede ser simplemente el tiempo que transcurre entre el instante de experimentar la sensación y el de apoyar sobre el pulsador. Disponemos de la evidencia experimental directa de que un proceso, que dura tiempo, hace un recorrido a lo largo de nervios motrices hasta los músculos. Que yo sepa, no disponemos de evidencia experimental directa de que un proceso que se prolonga durante un tiempo hace un recorrido a lo largo de un nervio sensible desde el órgano estimulado hasta el cerebro. No obstante, parece razonable suponer que esto es así, y en realidad siempre se supone que así es. Sobre la base de esta suposición podemos decidir que existe una *condición transmisiva interna,* la cual es necesaria si se debe experimentar aquí y en este momento una sensación del sonido característico de esta campana.

Una condición transmisiva puede definirse como sigue: es un pro-

ceso, prácticamente uniforme por naturaleza e *inmanente*. Esto quiere decir que es divisible en secciones sucesivas que son cualitativamente muy parecidas. Sólo difieren respecto al tiempo y lugar, y cuanto más próximas se encuentran en tiempo, más próximas se encuentran en lugar. Y la naturaleza de cada sección es la condición necesaria y suficiente de la naturaleza de la sección siguiente.

4) Ahora bien, en una etapa determinada, o sea, cuando el proceso ha llegado a una parte determinada del cerebro, se supone que sobreviene una relación causal *transeúnte*. Esto significa que existe un determinado proceso-cerebro que es continuo con el proceso inmanente, el cual es la condición necesaria y suficiente de un proceso de una clase completamente diferente, perteneciente a una «substancia» o ramal diferente de historia. Este proceso es una sensación que constituye, naturalmente, un proceso perteneciente a aquella substancia o ramal de historia que llamamos la *mente* del observador. Incluso si el proceso transmisivo en el cuerpo continuara más allá del punto en el que la sensación acaece (como sin duda ocurre cuando a la sensación le sucede una reacción motriz), podemos decir que la sensación pertenece a una serie completamente diferente de los últimos procesos en el proceso transmisivo en el cuerpo. Si el proceso transmisivo interno termina en el cerebro, decimos que una sección determinada que lo finaliza, es la *condición productiva* de la sensación. Si el proceso transitivo interno continúa después de producirse la sensación debemos decir que la condición productiva de la sensación es una determinada sección intermedia de este proceso.

Por regla general se supone que la sección del proceso transmisivo interno, que es la condición productiva de la sensación, debe ser extremadamente corta en tiempo, es decir, que no puede extenderse apreciablemente hacia atrás partiendo del momento en que comienza la sensación. En la siguiente subdivisión veremos que esta creencia está basada en suposiciones tácitas, las cuales están muy lejos de ser evidentes de por sí y no pueden demostrarse.

Se mantiene que todas las sensaciones tienen condiciones originadoras y productivas, incluso en el caso en que la sensación tenga un carácter de «alucinación». Si «veo estrellas», esta sensación se debe probablemente a un determinado proceso-cerebro, que constituye su condición productiva. Si puede demostrarse que este proceso proviene de cambios de la presión sanguínea en mis ojos o a algo que ocurre en mi hígado, éstos podrían considerarse como condiciones originadoras. Lo que no es muy seguro es que todas las sensaciones tengan condiciones transmisivas. Seguro es que la mayor parte de ellas las tienen, y probablemente la diferencia entre aquellas que evidentemente las tienen y aquellas que aparentemente no las tienen es una diferencia de grado, más que de clase. Es completamente evidente que una sensación corriente de luz o de sonido tiene una larga serie de condiciones transmisivas, tanto externas como internas. Está claro que una sensación de dolor en el dedo o un dolor de estómago tienen condiciones transmisivas internas, pero no externas. Pero, si una experiencia auditiva o visual empezara por un cambio en la presión sanguínea

en una parte del cerebro inmediatamente adyacente a aquélla en que están localizadas las condiciones productivas de tales experiencias, el proceso transmisivo sería tan corto que se desvanecería. No obstante, tenemos probablemente razón al decir que la vasta mayoría de las sensaciones tienen condiciones originadoras, transmisivas y productivas.

Seguidamente debemos observar: *a)* Que algunas clases de sensaciones tienen *solamente* condiciones originadoras internas (y, por tanto, transmisivas internas). Estas son las sensaciones relacionadas con nuestras historias sensibles somáticas, tales como dolores de cabeza, dolores de estómago, etc., y sensaciones cinestésicas. Es un hecho bien conocido que los lugares de los *sensa* somáticos en sus campos no constituyen siempre un guía seguro de los lugares de sus condiciones originadoras en el espacio físico. Un dolor de muelas ocupa un determinado lugar sensible en el conjunto del campo somático en dicho momento, y puede seguir ocupando lugares similares en sucesivos campos somáticos. Estos lugares somáticos están correlacionados, a través de experiencias pasadas, con determinados lugares en el movimiento-continuum, los cuales están ópticamente ocupados por las apariencias visuales de mi diente y físicamente ocupados por determinados procesos físicos que los dentistas afirman conocer. Por regla geenral la parte de mi cuerpo que corresponde de esta forma a un lugar sensible dado en mis campos somáticos constituye la morada de aquellos procesos científicos que originan el *sensum* somático que ocupa este lugar sensible. Por ejemplo, si un dolor de muelas está localizado en un determinado lugar sensible en mi campo somático, *generalmente* mi dentista encontrará que no todo va bien en el diente particular que le indico y el lugar físico correlacionado con este lugar sensible. Sin embargo, a veces encontrará que nada importante ocurre en ese diente, pero que las condiciones originadoras de mi dolor de muelas están localizadas en una parte del espacio físico que está correlacionada con una parte totalmente diferente de mi campo somático de aquellas en que está localizado el dolor de muelas.

b) Otro hecho importante es que, aunque las experiencias de una clase determinada pueden *generalmente* tener condiciones originadoras (y, por tanto, en parte transmisivas externas, no obstante, experiencias del mismo carácter general pueden *a veces* ser originadas por condiciones puramente internas. Esto resulta más evidente en las experiencias de tipo visual. Generalmente, éstas son originadas por algún cuerpo luminoso externo, el cual inicia ondas que hacen un recorrido hasta el ojo, produciendo allí una perturbación que se traslada a través del nervio óptico hasta el cerebro. Pero en sueños tenemos experiencias visuales completamente precisas, muy parecidas a las que tenemos cuando estamos despiertos, aunque tenemos los ojos cerrados y nos encontramos en una habitación completamente obscura. Además, las imágenes visuales se parecen mucho a los *sensa* visuales; y como mejor podemos percibirlas es en la obscuridad y con los ojos cerrados. Por consiguiente, está claro que las condiciones originadoras de las experiencias del tipo visual no *necesitan* en todos los casos ser

externas respecto al cuerpo. Merece la pena señalar que probablemente en este caso las condiciones originadoras internas se parecen muy poco a las condiciones originadoras normales. El interior del cuerpo está completamente obscuro, por lo que, cualesquiera que sean las condiciones internas que originan las experiencias visuales de los sueños, deberán ser muy diferentes de los procesos luminosos que constituyen las condiciones originadoras de las sensaciones visuales normales.

En mi opinión, las experiencias visuales constituyen el único caso perfectamente claro en el que experiencias muy parecidas son originadas a veces desde fuera y a veces desde dentro, y en el que los dos tipos de condiciones originadoras son extremadamente diferentes en cuanto a su naturaleza. Si examinamos las experiencias auditivas, los hechos no son tan evidentes. Es cierto que en sueños tengo experiencias auditivas y que éstas se parecen mucho a las que tengo cuando estoy despierto, las cuales son originadas por procesos fuera de mi cuerpo. También es cierto que muchas personas pueden percibir imágenes auditivas y que éstas se parecen mucho a los *sensa* auditivos. Hasta aquí los hechos sobre las experiencias visuales se parecen a los mencionados anteriormente sobre las experiencias visuales. Pero ahora debemos señalar dos diferencias importantes: 1) Resulta mucho más difícil estar seguro de que las experiencias auditivas de los sueños no son originadas externamente que estar seguro de que las experiencias visuales de los sueños no son así originadas. Cuando dormimos, las habitaciones están obscuras y tenemos los ojos cerrados. Pero no podemos cerrar los oídos, y muy pocas habitaciones están totalmente libres de aquellos procesos físicos que serían suficientes para originar experiencias auditivas en una persona despierta. Por consiguiente, es improbable que las experiencias auditivas de los sueños no sean originadas externamente.

2) Como he dicho anteriormente, el interior de nuestros cuerpos está obscuro, es decir, que en ellos no existen procesos físicos de un tipo susceptible de originar sensaciones visuales normales en una persona despierta. En ellos tienen lugar todo tipo de procesos, los cuales serían perfectamente capaces de producir, en forma leve, vibraciones de la clase que estimulan los oídos de una persona despierta cuando ésta oye un ruido originado externamente. Además, nuestros huesos pueden transmitir ondas sonoras, del mismo modo que el aire o cualquier otro medio material. Por tanto, incluso cuando existen experiencias auditivas que son originadas internamente, no puede afirmarse con plena seguridad que sus condiciones originadoras son de una clase diferente a las de las sensaciones auditivas originadas externamente. Por ejemplo, los «ruidos en la cabeza» pueden muy bien ser ruidos de origen completamente normal, los cuales son oídos por el paciente, mas no por otras personas, debido al sencillo hecho de que el cerebro de aquél se encuentra más próximo y está mejor relacionado con sus condiciones originadoras que pueda estarlo la mente de cualquier otra persona. Por consiguiente, nos vemos limitados a la

percepción de imágenes auditivas, como el único ejemplo evidente de experiencias auditivas cuyas condiciones originadoras son casi seguramente internas ydiferentes por su naturaleza de las condiciones originadoras externas de las sensaciones auditivas normales. Yo no puedo por menos de creer que algunas de las experiencias auditivas de los sueños y de las enfermedades sean probablemente originadas internamente, siendo el resultado de procesos que nada tienen que ver con las vibraciones sonoras corrientes. Adopto esta opinión más bien sobre la base de la analogía con las experiencias visuales que partiendo de un fenómeno auditivo conocido por mí.

c) Puede plantearse la cuestión de saber si existe algún tipo de experiencia sensible que sea *siempre* originada por condiciones externas. Yo no me atrevería a afirmarlo de manera radical, pero sí creo que puede decirse que las experiencias tangibles pueden clasificarse en parte bajo dicha idea. Las experiencias tangibles son mucho menos corrientes en sueños que las experiencia visuales o auditivas. Las imágenes tangibles son muy contadas. Si en realidad existen, yo, por lo menos, no las percibo, como tampoco conozco a nadie que haya reconocido que las percibe. Además, es imposible demostrar que tales experiencias tangibles «alucinativas», como son aquéllas, no son originadas a través del verdadero contacto entre la piel y otros cuerpos. Y esto porque no cabe duda de que a todo lo largo de nuestra vida, tanto cuando dormimos como cuando estamos despiertos, partes de nuestra piel están en contacto con otros cuerpos. Además, debe existir siempre contacto entre diversas partes de nuestros órganos internos, así como entre algunos de éstos y la sangre, alimentos no digeridos, etc. Por consiguiente, resultaría muy difícil mostrar incluso que cualquier experiencia tangible no es originada por contacto con objetos *externos*, e imposible mostrar que tales experiencias no son jamás originadas excepto por contacto de *alguna* clase, bien interno o externo. Indudablemente, ésta es la razón por la que la mayoría de nosotros coincidimos con Santo Tomás, quien pensó que el *tacto* era la mejor forma de distinguir entre las percepciones normales y las alucinativas.

Más adelante veremos la importancia teórica de las cuestiones que acabamos de examinar, cuando abordemos el problema de saber hasta qué punto estamos en lo cierto al sostener que determinados procesos-cerebro constituyen condiciones *suficiente* de cada sensación. Antes de dar por terminada la presente subdivisión debemos examinar otro punto sobre las condiciones originadoras y transmisivas. La parte de todo el proceso que debe considerarse como la condición *productiva* de una sensación es evidente. Por lo menos es evidente dónde *termina*, ya que termina donde empieza la sensación. Lo que no aparece tan claro es hasta dónde se alarga desde ese momento, lo cual requiere un examen ulterior. Pero lo que está mucho menos claro es saber qué etapa del largo proceso, que termina con una determinada sensación, debe considerarse como la condición *originadora* de dicha sensación. Volvamos de nuevo al ejemplo de tañer una campana, en el que con-

sideramos la campanada de la campana como la condición originadora de la sensación auditiva. Pero pueden muy bien preguntarnos si no teníamos razones tan valederas para considerar como la condición originadora cualquiera de las primeras o de las posteriores etapas de todo el proceso. Siempre y cuando un proceso pasa de una substancia a otra de una clase diferente y cambia repentinamente de naturaleza, existe una sección que destaca en el mismo, la cual puede considerarse plausiblemente como la condición originadora. Ahora bien, la cuestión consiste en saber en dónde y cuándo termina el proceso transmisivo de ondas sonoras en el aire y dónde y cuándo empieza el proceso transmisivo de perturbación nerviosa en el nervio auditivo. ¿Por qué no considerar una sección terminal del proceso transmisivo externo como la condición originadora de la sensación? Además, el proceso del que una etapa es la campanada de la campana no empieza en dicha etapa. Es probable que una persona tañó la campana; una contracción en sus músculos causó la campanada; una corriente nerviosa en un nervio motriz causó la contracción; y así indefinidamente. ¿Por qué no consideramos una de las innumerables etapas que preceden a la campanada como la condición originadora de la sensación?

Mi respuesta a estas preguntas es la siguiente: 1) Que reconocemos la importancia de la última etapa del proceso transmisivo externo, destacándola de las demás mediante el nombre especial de *estímulo*. Para el fisiólogo y el psicólogo fisiológico ésta es la primera etapa que destaca del proceso, la cual tiene especial importancia. 2) la importancia de la etapa que precede inmediatamente al proceso transmisivo externo surge de su *común* relación respecto a varios observadores *diferentes*. Si varios observadores escuchan a la misma campanada habrá tantas condiciones transmisivas externas e internas diferentes, estímulos y condiciones productivas como número de observadores. Pero todos estos diferentes procesos *divergen de* un centro común en el Espacio-Tiempo, estando localizado en este centro el proceso físico que se considera como la condición originadora común de todas estas sensaciones auditivas muy parecidas entre sí. 3) Podemos ver cuán estrechamente vinculada está la noción de condiciones originadoras con el fenómeno de centros ópticos comunes y otros centros de los *sensa* correspondientes de diferentes observadores observando lo difícil que resulta aplicar esta noción a los casos en que los *sensa* de diferentes observadores no están correlacionados de esta forma. Por ejemplo, cuando vemos una imagen en el espejo nos encontramos ante la duda de qué es lo que debemos considerar como condiciones originadoras de nuestras sensaciones visuales. La imagen en el espejo es un objeto óptico parcial y detrás del espejo hay un determinado lugar que está óptico mente ocupado desde muchas direcciones, aunque no desde todas, por los *sensa* pertenecientes a este objeto. Un niño o un gato tenderán a suponer que este lugar está físicamente ocupado por aquellos procesos que constituyen las condiciones originadoras corrientes de todas las sensaciones cuyos *sensa* forman juntos el objeto óptico. Pero el estado incompleto de tales objetos físicos impide que un adulto, incluso si desconoce la Física, localice las condiciones originadoras de su sensa-

ción en el lugar óptico de estos objetos. Tenemos, pues, que elegir entre los procesos en el espejo o los procesos en el objeto físico reflejado, como las condiciones originadoras de tales sensaciones; e independientemente de nuestra elección tenemos que reconocer que el lugar que está ópticamente ocupado por nuestros *sensa* visuales y el lugar que está físicamente ocupado por las condiciones originadoras de nuestras sensaciones se encuentran muy separados. Si decidimos que los procesos en el espejo son las condiciones originadoras de nuestras sensaciones debemos recordar que no originarán sensaciones similares en observadores en *todas* las direcciones, como sí ocurre con las condiciones originadoras normales de los *sensa* visuales. Si decidimos que los procesos en el objeto físico reflejado son las condiciones originadoras de nuestra sensación, debemos recordar que, a menos que se mencione también el espejo, no podemos dar razón del peculiar lugar óptico ni de la peculiar «inversión» de los *sensa-imagen*.

b) Condiciones dependientemente e independientemente necesarias

Como ya he dicho, se sostiene generalmente que determinados procesos-cerebro constituyen las condiciones necesarias y suficientes para el acaecimiento de todas nuestras diferentes sensaciones. Ahora debemos esclarecer el concepto de «condiciones necesarias y suficientes», y ver en qué sentido es cierto que los procesos-cerebro constituyen las condiciones necesarias y suficientes de todas nuestras sensaciones. Se puede decir que varias condiciones *a*, *b* y *c* son estrictamente necesarias y conjuntamente suficientes para producir un proceso *x*, si 1) *x* se produce cada vez que dan estas tres condiciones conjuntamente, y 2) *x* no se produce cuando no se dan conjuntamente estas tres condiciones. Naturalmente, resulta mucho más fácil tener la seguridad de que *a*, *b* y *c* son separadamente necesarias, de que conjuntamente son suficientes para que se produzca *x*. Si omitimos por turno *a*, *b* y *c*, y comprobamos que *x* no se produce, podemos entonces estar seguros de que cada una de estas condiciones es necesaria. Pero no podemos, ni mucho menos, asegurar simplemente porque en nuestra experiencia *x* ha seguido a *abc* que estas condiciones son conjuntamente suficientes para producir *x*. En realidad, nunca es posible obtener *abc* completamente aisladas del resto del mundo, y puede existir un cuarto factor *d* que en realidad estaba presente en todos los casos que pudimos observar y era necesario para la producción de *x*. Los criterios de que tales y tales condiciones son conjuntamente suficiente para producir un resultado determinado deben, por tanto, abordarse siempre con cierto recelo.

Si *abc* es suficiente para producir *x*, es de suponer que ningún otro factor (a menos que sea simplemente un componente de uno de los factores *a*, *b* o *c*, o una combinación de éstos, como, por ejemplo, *ab*), puede ser estrictamente necesario para producir *x*. Y esto porque decir que *abc* es suficiente para producir *x* equivale a decir que siempre y cuando ocurre *abc* le sigue *x*. De ahí que tanto a *abcd* como a *abcd*

le seguirá *x*, independientemente de lo que sea *d* (*). Y si *x* continúa en ausencia de *d*, como ocurre en el caso *abcd*, *d* no puede ser necesario para el acaecimiento de *x*. Si un determinado proceso-cerebro es realmente *suficiente* para producir una determinada sensación (digamos del sonido característico de una campana determinada), entonces la existencia de la campana y del aire, y el acaecimiento de una campanada, etc., no pueden ser estrictamente necesarios para producir esta sensación. No obstante, por regla general debemos decir que el tañer de una campana y las otras condiciones que hemos enumerado *son* necesarias, si ese ruido particular ha de sentirse en ese momento particular. Al formular este criterio nos basamos en la creencia de que entonces no habría acaecido tal sensación si no hubiera existido campanas y si no hubiera sido tañida poco antes.

De lo anteriormente expuesto se desprende que utilizamos la palabra «necesarias» en dos sentidos diferentes. En uno de ellos nada puede ser necesario para producir un proceso, a menos que esté contenido en la serie mínima de condiciones que conjuntamente son suficientes para producir el proceso. En el otro, numerosos factores que no están comprendidos en la serie más reducida de condiciones que conjuntamente serán suficientes para producir un proceso se dice, no obstante, que son necesarias para la producción de aquél. En realidad, debemos distinguir entre condiciones *independientemente* y *dependientemente* necesarias. Si un determinado proceso-cerebro es realmente suficiente para producir la sensación del sonido de una campana determinada, entonces el tañer de la campana, la perturbación del aire, etc., son sólo dependientemente necesarias para la producción de dicha sensación. Es decir, son necesarias para producir todo o alguna parte del proceso-cerebro que es suficiente para producir la sensación. En general podemos decir que es una condición dependientemente necesaria del proceso *x*, si *a* es necesaria para producir todas o alguna parte de las condiciones que son independientemente necesarias y conjuntamente suficientes para producir *x*.

Ahora bien, aquí surge una cuestión importante. ¿Puede un determinado proceso *a* ser al mismo tiempo dependiente e independientemente necesario para producir *x*? Creo que, por regla general, esta posibilidad sería rechazada; pero seguidamente veremos que sólo puede ser rechazada sobre la base de determinadas suposiciones sobre causalidad, las cuales son muy poco plausibles cuando se formulan explícitamente. ¿Qué significa decir que *a* es tanto dependiente como independientemente necesario para producir *x*? Quiere decir que *a*, *b* y *c* (digamos por caso) fueron todas necesarias para producir *x*, y que ellas constituyen todas las condiciones necesarias, aunque *a* juega dos papeles. Por una parte *produce* (digamos) *b*, y por otra, *coopera* con *b* y con *c* para producir *x*. Suponiendo que sea posible que *a* juegue dos papeles y suponiendo que sea cierto que *a* sea *dependientemente* necesaria, nunca sería posible saber si *a* no es también *independientemente* necesaria para producir *x*. Y esto porque si *a* es dependientemente ne-

* En este caso «*d*» equivale a la «ausencia de *d*».

cesaria para producir *x*, habrá algún factor *b* en las condiciones necesarias y suficientes de *x* que no podrá acaecer a menos que esté precedido por *a*. Teniendo en cuenta que *b* nunca acaece sin que le preceda *a*, no podemos saber en modo alguno si *b* requiere o no la cooperación de *a* con objeto de producir *x*, a menos que tengamos alguna razón positiva para sostener que una condición dependientemente necesaria de un proceso no puede ser también una condición independientemente necesaria del mismo.

Apliquemos este lógico argumento abstracto al caso concreto de la sensación auditiva del ruido de una campana. Si el proceso-cerebro que produce esta sensación no pudiera producirse a menos que la campana hubiera sido tañida poco antes, no podemos estar seguros de que el proceso-cerebro sea de por sí una condición *suficiente* de esta sensación, a menos que estemos seguros de que una condición dependientemente necesaria *no puede* ser también una condición independientemente necesaria del mismo proceso. Si el proceso-cerebro nunca tiene lugar sin que le preceda el proceso-campana, no podemos en modo alguno saber si el proceso-cerebro, sin la cooperación del proceso-campana, puede ser suficiente para producir la sensación auditiva, a menos que tengamos *a priori* una base para sostener esta creencia. La única base *empírica* decisiva para sostener tal creencia consistiría en obtener un proceso-cerebro sin el proceso-campana, pudiendo observar que, no obstante, la sensación continúa. Pero, *ex hypothesi*, no podemos obtener simplemente esta clase de proceso-cerebro sin que le preceda un proceso-campana, por lo que no puede utilizarse este argumento empírico. Naturalmente, a la inversa, no podemos estar seguros de que el proceso-campana *es* tanto independientemente como dependientemente necesario para la producción de la sensación.

Ahora bien, ¿existe algún argumento *a priori* contra la posibilidad de que una determinada condición *a* sea simultaneamente dependiente e independientemente necesaria para producir un determinado proceso *x*? Por mi parte, sólo conozco una forma en que tal posibilidad puede ser rechazada. Si se sostiene que todas las condiciones independientemente necesarias de un proceso deben ser contemporáneas entre sí, está claro que el mismo factor no puede ser, tanto independientemente como dependientemente, necesario para la producción de un determinado proceso, ya que la condición independientemente necesaria precederá a una de las condiciones independientemente necesarias que aquélla produce. Por consiguiente, ella, de por sí, no podría ser una condición independientemente necesaria si todas ellas deben ser recíprocamente simultáneas.

Mas no puedo aceptar la premisa de este argumento. 1) En mi opinión, no presenta ni el menor síntoma de poder ser demostrado. Lo que puede decirse en favor de la proposición es que causa y efecto deben ser recíprocamente continuos respecto al tiempo, y que la causa completa debe ser de por sí un proceso continuo en el tiempo. Sin embargo, esto es perfectamente compatible con el hecho de que *a* y *b* sean sucesivas y, no obstante, ambas sean condiciones independientemente necesarias de *x*. Supongamos que el final de *b* y el comienzo

de *x*, son simultáneos y que el final de *a* está separado del comienzo de *b* por un intervalo de tiempo. Así, pues, el principio de la continuidad temporal de causalidad mostraría únicamente que la causa completa de *x* no consiste meramente en *a* y en *b*, sino también en algún proceso que cubra la laguna entre ambos. No pretende demostrar que *b* sea la causa completa de *x* ni que *a* sea sólo dependientemente necesaria.

2) Aparte de que no puede demostrarse sobre la base de este principio que todas las condiciones independientemente necsarias de un proceso deben ser simultáneas, existe una seria objeción positiva respecto a tal argumento. Hemos visto que dos procesos sólo pueden ser *intrínsecamente* simultáneos a condición de no estar separados espacialmente. Los procesos que están separados en el espacio sin tiempo de un sitema permisible, y que son simultáneos respecto a dicho sistema, estarán temporalmente separados respecto a cualquier otro sistema que se mueva en el espacio sin tiempo del primero. Por tanto, el principio tendría probablemente que exponerse bajo la forma mucho menos radical de que las condiciones independientemente necesarias de un proceso no tienen que estar *intrínsecamente* separadas en tiempo, es decir, que existe, por lo menos, un sistema permisible respecto al cual todas son simultáneas. Pero cuando de este modo pierde toda su sencillez original, parece perder todos los vestigios de demostración que antes pudiera tener.

3) Finalmente, estoy casi seguro de que las condiciones productivas y suficientes de muchas sensaciones no pueden ser momentáneas y, por tanto, deben comprender factores no simultáneos. Con esto no quiero decir simplemente que las condiciones «momentáneas» no sean fenómenos existentes y que sólo puedan definirse mediante la Abstracción Extensiva. Lo que quiero decir es que, si tratamos de aplicar la Abstracción Extensiva a las condiciones de muchas sensaciones, encontraremos que éstas no convergen en una serie de estados contemporáneos momentáneos. Por ejemplo, es prácticamente seguro que las condiciones externas originadoras y transmisivas de las sensaciones de luz y sonido son *periódicas*, por lo que es de suponer que los subsiguientes procesos internos en los nervios y en el cerebro también son periódicos. Existe una correlación muy exacta entre el color y el tono del *sensum* y el período de procesos externos originadores y transmisivos. Ahora bien, es imposible que la periodicidad característica de la luz encarnada, o de una determinada nota de piano, debe ser transportada por un proceso-cerebro puramente *momentáneo*. Es probable que el proceso-cerebro, que es la condición productiva de incluso la más breve sensación de encarnado, debe durar, por lo menos, tanto como una vibración completa de luz encarnada. O, si preferimos expresarnos con mayor cautela, debemos, por lo menos, sostener que las condiciones productivas de las sensaciones más breves posibles de (digamos) encarnado y azul deben tener *ambas* duraciones finitas características y que estas duraciones deben tener recíprocamente la misma *proporción* que los períodos de una vibración completa de luz encarnada y una vibración completa de luz azul. Si las condiciones productivas tie-

nen duraciones, entonces deberán tener partes no simultáneas. Y si todo el proceso finito constituye el mínimo suficiente para producir la sensación; entonces todas sus partes sucesivas deberán ser *independientemente* necesarias para producir la sensación. Si, además, el proceso en cuestión es de naturaleza transmisiva (si, por ejemplo, consiste en el paso de alguna clase de perturbación a través de un recorrido finito de cerebro y nervio), las primeras partes del mismo serán también condiciones *dependientemente* necesarias de la sensación, ya que las partes posteriores no acaecerán a menos que tengan lugar las primeras y las produzcan.

El punto más importante de la cuestión que nos ocupa parece ser la imposibilidad en que nos hallamos de demostrar mediante un argumento empírico directo que *cualquier* condición que es dependientemente necesaria para producir una sensación no es también independientemente necesaria de aquélla. Y no podemos demostrar *a priori* que unas condiciones dependientemente necesarias no puedan ser también independientemente necesarias, excepto si se parte de una premisa que de por sí tampoco puede demostrarse, la cual tiene un significado muy poco claro cuando se tiene en cuenta la relatividad de la simultaneidad física, y es casi sin duda falso cuando se aplica a las condiciones productivas de algunas de nuestras sensaciones más importantes. Por consiguiente, es extremadamente precipitado suponer que podemos, incluso en teoría, aislar un proceso momentáneo en un lugar preciso del cerebro y decir: «Esta es la condición necesaria y suficiente de tal y tal sensación». No podemos estar seguros de que incluso condiciones dependientemente necesarias tan alejadas como el tañer de una campana no sea también condiciones independientemente necesarias de nuestra sensación del sonido que es característico de la campana. Y podemos estar casi seguros de que algunas etapas, por lo menos, de las condiciones transmisitivas internas de una sensación son condiciones tanto independientemente como dependientemente necesarias de su acaecimiento. En otras palabras: las condiciones productivas de una sensación comprenden casi con toda seguridad las últimas etapas de sus condiciones transmisivas internas; y, que nosotros sepamos, pueden comprender las condiciones transmisitivas externas y las condiciones originadoras como factores independientemente necesarios.

Considero que es posible exponer un argumento empírico *indirecto* más o menos plausible que haga *probable* el que las condiciones independientemente necesarias de, por lo menos, algunas de nuestras sensaciones no se prolonguen tanto hacia atrás como las condiciones transmisivas externas o las condiciones originadoras. Mas éste es un argumento simplemente basado en una analogía, la cual, como veremos, tampoco es muy favorable. El argumento sería el siguiente: aunque la sensación particular s no hubiese acaecido cuando en realidad lo hizo, de no haberse cumplido determinadas condiciones externas originadoras y transmisivas, existen sensaciones sensibles s', muy parecidas a s, que se producen (por ejemplo, en sueños) cuando tenemos razones sobradas para suponer que no están operando tales procesos externos originadores o transmisivos. En tal caso las condiciones internas

son suficientes para producir *s'*. Y la analogía entre *s'* y *s* puede indicar qué condiciones puramente internas son suficientes para producir *s*, si bien, en realidad, éstas no pueden darse a menos que se cumplan determinadas condiciones externas. Si esto es así, las condiciones externas son *sólo* dependientemente necesarias para la producción de *s*. Examinemos un ejemplo concreto. Aunque no debiera haber sentido un determinado resplandor en un momento dado, a menos que alguien hubiera encendido una cerilla poco antes cerca de mí, tengo, sin embargo, en sueños experiencias muy parecidas a esta sensación. Estos sueños han tenido que ser provocados por condiciones puramente internas. De ahí que condiciones puramente internas sean suficientes para producir experiencias muy parecidas a esta sensación particular. Por tanto, es probable que las condiciones suficientes de *todas* las experiencias visuales sean internas, y que las condiciones externas, necesarias para la producción de muchas sensaciones de ese tipo, sean *sólo* dependientemente necesarias. Es decir, que encender una cerilla *sólo* es necesario para producir el proceso interno que constituye la condición suficiente para la sensación del resplandor, pero no es necesario como condición que coopera con las etapas posteriores de este proceso.

Es evidente que tal argumento, en el mejor de los casos, sólo podría establecer una mera probabilidad de que los procesos externos no son condiciones independientemente necesarias de aquellas sensaciones de las que son dependientemente necesarios. La fuerza del argumento respecto a cualquier caso particular dependerá de dos factores, o sea: 1) El grado de analogía entre las experiencias *s'*, que se considera son originadas totalmente desde dentro del cuerpo, y las sensaciones *s*, originadas externamente; y 2) El grado de certeza con que puede afirmarse que las experiencias *s'* son originadas en su totalidad internamente. Cuando las experiencias *s'* son percepciones de las llamadas imágenes «mentales», no juzgaría que la analogía es lo suficientemente sólida como para poder basar en ella argumento alguno, pues, aunque las imágenes visuales y auditivas se parecen mucho a los *sensa* visuales y auditivos, respectivamente, existen, no obstante, diferencias tan destacadas entre ellos que difícilmente podemos confundirlos cuando estamos despiertos. Por mi parte, me inclinaría a decir que sólo las experiencias de los sueños y otras formas de alucinación comportan suficientemente similitud con las sensaciones auditivas y visuales para apoyar un argumento del tipo que acabo de exponer. Ahora bien, en la última subdivisión vimos que no es ni mucho menos seguro que las experiencias auditivas (aparte de las imágenes) puedan ser originadas más que mediante procesos físicos externos que tengan exactamente la misma naturaleza. Por consiguiente, cabe la duda de si existen fenómenos sobre las experiencias auditivas que pudieran ser utilizados como premisas por el presente argumento. Como hemos visto, en lo que a las experiencias de tacto se refiere la posición es aún menos favorable. En realidad, sólo respecto a las experiencias visuales existe una verdadera evidencia de que algo muy parecido a las sensaciones normales puede ser originado por procesos que son totalmente internos y que no se parecen en absoluto a las condiciones originadoras externas de las

sensaciones normales. Por tanto, podemos aducir que es muy protable que las condiciones suficientes de las sensaciones visuales son internas, y que las condiciones externas originadoras y transmisivas son *sólo* dependientemente necesarias; mas, respecto a las sensaciones auditivas y de tacto, un argumento de este tipo prueba muy poco.

Por otra parte, debe recordarse que es igualmente imposible demostrar (como los ingenuos realistas quisieran creer) que las condiciones originadoras externas de nuestras sensaciones *son*, tanto independientemente como dependientemente, condiciones necesarias para el acaecimiento de dichas sensaciones. Así, pues, que yo sepa, los hechos empíricos y los principios *a priori* sobre la causalidad justifican poco más que el completo agnosticismo sobre este tema. Existe, por tanto, campo abierto para diferentes hipótesis, en cada una de las cuales figuren condiciones independientemente necesarias, en diversa medida, hacia atrás en el Tiempo y el Espacio. Cada una conducirá a teorías algo diferentes respecto a lo que entraña la percepción de objetos y procesos físicos externos, la hipótesis que conduzca a la teoría de la percepción que mejor unifique todos los fenómenos conocidos es la que más acertadamente deberá admitirse.

Dentro del cuerpo no conozco medio alguno para establecer límites probables respecto a la distancia hacia atrás en Espacio y Tiempo que pueden alcanzar las condiciones independientemente necesarias de una sensación. Es posible que los procesos en el cerebro sean suficientes, y que el proceso en el nervio sensible sea *meramente* transmisivo. Por otra parte, es igualmente probable que el proceso en el nervio sea independientemente necesario y asimismo una condición transmisiva para el acaecimiento de la sensación. La primera alternativa parece haber sido adoptada sin vacilación por los fisiólogos y, en consecuencia, aceptada por el público en general. Pero esta convicción no tiene más base que la incapacidad de establecer ciertas distinciones entre las «condiciones necesarias» y una simple fe en ciertos dogmas a todas luces inaceptables, sobre la causalidad.

Terminaré esta subdivisión con el análisis de un confuso argumento semipopular que trata de poner en tela de juicio la existencia de objetos y procesos externos, basándose en teorías fisiológicas acerca de las condiciones de nuestras sensaciones. Llamaré esta actitud *Escepticismo fisiológico*. El argumento es el siguiente: «La única base para mi creencia en la existencia de objetos físicos externos consiste en el acaecimiento de determinadas sensaciones que atribuyo a aquéllos. Pero la fisiología demuestra que los estados de mi cuerpo son condiciones *suficientes* de todas mis sensaciones. De ahí que no sea justo considerar que el acaecimiento de sensaciones se debe a la existencia de objetos y procesos físicos externos, como las condiciones originadoras de aquéllas». A esto podemos responder: 1) Que, incluso si los procesos internos constituyen condiciones suficientes de nuestras sensaciones, no tenemos motivo alguno para suponer que estos procesos internos puedan producirse sin que determinados procesos externos tengan lugar e influyan sobre nuestros cuerpos. Por tanto, podemos seguir considerando la existencia de tales objetos externos, por lo menos, como las condi-

ciones *dependientemente* necesarias de muchas de nuestras sensaciones. Además, la similitud entre muchos de los *sensa* que siento y aquellos sentidos por otros observadores, el hecho de que los *sensa* visuales de historias sensibles de diferentes observadores ocupen el mismo lugar óptico y los hechos algo parecidos sobre los *sensa* auditivos evidencian claramente que a menudo existe un lejano proceso físico externo, localizado en este lugar y que constituye una condición común dependientemente necesarias de todas estas sensaciones correlacionadas. 2) Hemos visto que es imposible estar seguros de que estas condiciones externas dependientemente necesarias no sean también independientemente necesarias. Por tanto, no es seguro en absoluto que los procesos internos *sean* condiciones suficientes de todas mis sensaciones. Si esto puede sostenerse, sólo podrá sostenerse como una probabilidad basada en determinadas analogías parciales. 3) Merece la pena señalar que el Escepticismo fisiológico no puede consecuentemente pararse en el momento de poner en duda la existencia de los objetos físicos *externos*. Si tales argumentos deben ser válidos, deberán ser aplicados al propio cuerpo de uno y a su supuesta estructura interna. Todo lo que una persona sabe de la fisiología y anatomía interna de su propio cuerpo lo ha aprendido al estudiar y disecar otros cuerpos orgánicos. Ahora bien, para cada observador, éstos son simplemente objetos físicos externos, cuya existencia y estructura interna conoce mediante las sensaciones de vista y tacto. Mas, si se ve obligado a adoptar una actitud totalmente escéntica respecto a los objetos físicos externos, deberá, si desea ser consecuente, adoptar la misma actitud respecto a todos los criterios que implican la existencia de una estructura interna permanente y estados variables de su propio cuerpo. La conclusión a la que llega el Escepticismo fisiológico destruye sus propias premisas, pues el único resultado consecuente es el completo escepticismo respecto a *todos* los objetos y procesos físicos, incluidos aquellos de los que la Fisiología profesa tratar. Los fisiólogos que tienden a la especulación filosófica serán propensos a combinar el ingenuo realismo sobre los estados puramente hipotéticos de sus cerebros con un idealismo subjetivo sobre todos los demás objetos físicos, incluidos aquellos que deben estudiar con objeto de conocer sus propios cerebros. Parodiando la observación del señor Gibbon sobre los judíos: «En contradicción con todo principio conocido de la mente humana, esta singular gente parece estar mejor preparada para aceptar las hipótéticas entidades de su ciencia que la evidencia de sus propios sentidos».

c) Condiciones incidentales y continuas

En la última subdivisión he expuesto algunas consideraciones lógico-abstractas para mostrar que es imposible establecer hasta qué punto pueden llegar en el Espacio y Tiempo las series de condiciones independientemente necesarias de una sensación. Pero, fuera de estas consideraciones, es prácticamente cierto que ningún proceso en el cerebro constituye una condición *absolutamente* suficiente para el acaecimiento de cualquier sensación. Todo proceso depende de dos clases de condi-

ciones, que podemos llamar *incidentales* y *continuas*, utilizando dos palabras adecuadas del señor W. E. Johnson. En general, somos más propensos a observar las condiciones incidentales y pasar por alto las continuas, pensando luego que las primeras son suficientes para producir el proceso. Por regla general se diría que la campanada de una campana constituye una condición necesaria y suficiente del acaecimiento de determinadas vibraciones en el circunambiente. Así es, *siempre que* haya un medio material en contacto con la campana y que ésta sea objeto de vibración por una perturbación de este período particular. Es evidente que la segunda condición es tan necesaria como la primera para la iniciación de las vibraciones. Pero el tañer de la campana constituye un corto proceso que destaca en un largo y casi uniforme ramal de historia que es la campana; mientras que el medio y su estructura existían antes de que la campana fuera tañida, y seguirá existiendo después con cambios insignificantes. Además, sabemos a través de nuestra experiencia, que las campanas se encuentran en tal circunambiente muchas más veces de las que no lo están. El medio es, pues, un trozo de la historia física tan poco estimulante y tan corriente que casi ni lo mencionamos. Por tanto, llamaré *condición incidental* al tañer de la campana y *condición continua* a la existencia de un circunambiente de estructura adecuada para la iniciación de las vibraciones. Ambas son necesarias y ninguna de por sí es suficiente; juntas son suficientes. Podemos, si así lo deseamos, llamar al tañer de la campana la *condición incidental necesaria y suficiente* de las vibraciones, pero no podemos en modo alguno considerarla condición necesaria y suficiente sin calificativo.

No creo que pueda trazarse una línea divisoria precisa entre las condiciones incidentales y continuas. Una condición incidental es una corta sección que destaca en algún largo ramal de historia física, el cual es casi uniforme hasta esta sección, y vuelve a recobrar su uniformidad, generalmente de la misma clase que antes, una vez pasada la sección. Una condición continua es un ramal largo y prácticamente uniforme que se prolonga con pequeñas variaciones antes, durante y después de la condición incidental. Naturalmente, términos tales como «corto», «sobresaliente», «uniforme», etc., son relativos. Pero, para nuestros fines, todo lo que necesitamos saber es que algunas de las condiciones de un proceso son siempre del tipo continuo y que cuanto más aparece del tipo continuo una condición, mayor es la probabilidad de que se la pase por alto.

Apliquemos ahora estas observaciones generales a las condiciones necesarias y suficientes de nuestras sensaciones. Cuando un estímulo, el cual, por regla general, produce una clase determinada de sensación, actúa sobre un órgano sensible, como, por ejemplo, el ojo o el oído, no se producirá sensación alguna a menos que el nervio permanezca intacto y la estructura general del cerebro no se desintegre más allá de un determinado grado mínimo. Además, la estructura del órgano sensible, el nervio sensible y el cerebro pueden (que nosotros sepamos) permanecer intactos y, no obstante, no producirse sensación alguna si la persona está muerta. Si está viva, pero durmiendo o desmayada o

bajo la influencia de una droga, el estímulo puede no producir una sensación en su mente. Además, existen fenómenos tales como la ceguera, sordera, etc., «psíquica», que acaecen espontáneamente en la historia, y que pueden producirse artificialmente mediante la hipnosis. En este caso no hay razón alguna para suponer que haya defecto alguno en la estructura de los órganos sensibles, nervios o cerebros —en realidad, existen pruebas de lo contrario— y, no obstante, al estímulo externo no sigue sensación correlacionada alguna en la mente consciente del paciente. Por último, hemos visto en uno de los capítulos anteriores que estímulos externos similares producen a menudo en diferentes observadores sensaciones cuyos *sensa* son parcialmente diferentes en cualidad, y que estas diferencias pueden estar correlacionadas con diferencias en las historias pasadas de los observadores.

Es, pues, evidente que una de las condiciones contiguas generales para la producción de sensaciones consiste en que el órgano sensible y el nervio especialmente afectado, así como una parte considerable del cerebro, permanezcan intactos desde el punto de vista de su estructura. Partiendo de esta condición, también es necesario que el cuerpo esté «vivo». Esta es, probablemente, una condición diferente de la que acabamos de mencionar. Aunque la estructura del cerebro y del sistema nervioso no permanecen intactos por mucho tiempo después de la muerte del cuerpo, sería precipitado afirmar que se desintegran profundamente *inmediatamente* después de la muerte. Es indudable que los nervios motrices pueden mantenerse vivos durante un tiempo considerable después de la muerte del cuerpo. Es de suponer que «estar vivo» entraña, por lo menos, el mantenimiento de un determinado equilibrio en movimiento entre los cambios corporales. Podríamos, por tanto, llamarlo la *condición incidental somática general* de las sensaciones. Es de suponer que «estar despierto» o «estar consciente» entraña, por lo menos, un determinado equilibrio en movimiento entre los procesos que se producen en el cerebro. Esto podría, por tanto, llamarse la *condición incidental cerebral general* de las sensaciones. Puesto que una persona puede estar viva sin estar despierta, si bien no puede estar despierta sin estar viva, existe una dependencia parcial y una independencia parcial entre estos dos grupos de condiciones.

Las condiciones *corporales* de las que dependen la ceguera o la sordera psíquicas, si es que en realidad existen, no son completamente desconocidas. A mí me parece teóricamente posible que las condiciones de tales fenómenos sean totalmente psíquicas y que carezcan totalmente de correlativos corporales. Independientemente de la opinión que adoptemos sobre este punto, podemos decir, por lo menos, que dichas condiciones son *especiales* y no simplemente *generales*, como las que hemos descrito anteriormente. Por regla general, un enfermo no está psíquicamente ciego respecto a todas las luces o psíquicamente sordo respecto a todos los sonidos. Generalmente está ciego o sordo únicamente respecto a aquellas luces o sonidos que tienen alguna asociación especial para él o respecto a los cuales ha sido objeto de indicaciones adecuadas, bien sea por parte de otras personas o de él mismo. Podemos justamente suponer que la ceguera o sordera psíquicas, si es

que en realidad tienen un correlativo corporal, dependen de determinadas *inconexiones* entre el particular proceso nervioso que normalmente produciría la sensación, y el resto del cerebro. Por consiguiente, la condición por la que *no* estamos ciegos o sordos psíquicamente cuando un determinado estímulo actúa sobre nosotros podría llamarse una *condición conexiva especial* para el acaecimiento de la sensación. Teniendo en cuenta que ésta es una condición generalmente valedera, a menos que existan causas especiales que la perturben, deberá posiblemente considerarse como continua más que como incidental. Finalmente, cuando la cualidad del *sensum* depende en parte de experiencias pasadas del observador, podemos decir (utilizando una útil expresión del señor Russell) que la sensación tiene *condiciones mnémicas.* (Utilizar esta expresión no implica ni la aceptación ni el rechazo de esa peculiar clase de causalidad que el señor Russell llama «causalidad mnémica».) La opinión corriente sostiene que las experiencias pasadas dejan huellas que perduran, y que son estas huellas las que condicionan nuestras actuales sensaciones. Es de suponer que las condiciones mnémicas serán en parte continuas y en parte incidentales. Habiéndose integrado en la estructura permanente del sistema nervioso, la huella será una condición continua. Las conexiones entre esta huella y otras partes del cerebro, formadas por asociación, serán también condiciones conexivas continuas. Pero el estímulo de esta huella particular, cuando una parte determinada del cerebro es estimulada por un determinado estímulo externo, es una condición incidental.

Deben realizarse todas las condiciones que acabo de enumerar si a un determinado estímulo debe seguirle una sensación característica en un momento dado. Las condiciones mnémicas pueden, en un sentido, llamarse «menos necesarias» que las otras, ya que *a)* hay problamente ciertas sensaciones en cuya producción desempeñan un papel poco importante, si es que desempeñan alguno; y *b)* incluso si son necesarias para producir una sensación determinada en un momento determinado, es probable que una sensación *muy* parecida sería producida sin ellas, siempre que fueran cumplidas todas las demás condiciones. Por otra parte, si alguna de las otras condiciones no fuera cumplida, no se produciría sensación alguna en la mente consciente * del observador.

Ahora puede plantearse la pregunta de saber sobre cuáles de estas condiciones son sólo dependientemente necesarias y cuáles son también independientemente necesarias para la producción de una sensación. La integridad estructural de un nervio especial, y su «estar vivo», son probablemente condiciones dependientemente necesarias, ya que, a menos que sean cumplidas, en el cerebro no se producirá perturbación alguna.

---

* Uso aquí la expresión «mente consciente» porque creo que es teóricamente posible que las sensaciones sean producidas en conexión con una mente y un sistema nervioso determinados, los cuales no constituyen partes de aquella mente que normalmente se manifiesta a través de este organismo. Tales sensaciones (si es que existen) pueden no ser partes de nada que pueda llamarse mente; o bien pueden ser partes de una mente que no se manifiesta casi nunca.

Lo que parece imposible determinar es si son o no son también independientemente necesarias, por las razones expuestas en la última subdivisión. Pero es de suponer que, desde cualquier punto de vista, la substancial integridad estructural del cerebro en su conjunto, además de la substancial integridad estructural de aquella parte particular que esté inmediatamente vinculada con un nervio sensible especial, constituye una condición independientemente necesaria para la producción de una sensación. Además, es de suponer que el equilibrio general de los procesos cerebrales, comprendidos en el criterio de que el observador está «despierto» constituye una condición independientemente necesaria. Las condiciones conexivas especiales requeridas en ausencia de la ceguera o sordera psíquicas también son independientemente necesarias. Y, si la sensación tiene condiciones mnémicas, éstas son independientemente necesarias para la producción de esta sensación *únicamente* si bien una sensación que se le parezca mucho puede ser producida en ausencia de aquéllas.

Ahora vemos cuán impreciso resulta considerar un determinado proceso cerebral, localizado de manera exacta en el tiempo y en el espacio, como la condición suficiente para el acaecimiento de una sensación. Independientemente del hecho, aducido en la última subdivisión, de que no sabemos cuántas de las condiciones dependientemente necesarias son también independientemente necesarias, podemos ver que tales asertos no tienen en cuenta muchas condiciones, algunas de ellas incidentales y otras continuas, que son independientemente necesarias. En el mejor de los casos podemos considerar un determinado proceso cerebral, más o menos exactamente localizado en el Tiempo y Espacio, como la necesaria y suficiente *condición incidental no mnémica especial* de una sensación. Además, toda sensación requiere, por lo menos, las condiciones siguientes: 1) La condición cerebral continua general de integridad estructural del cerebro en su conjunto; 2) la condición cerebral incidental general de «estar despierto», y 3) una condición conexiva continua especial que incluya la ceguera, sordera, etc., psíquicas. Además, muchas sensaciones requieren 4) condiciones mnémicas, las cuales son en parte incidentales y en parte continuas; 5) y todas las sensaciones requieren, por lo menos como condiciones dependientemente necesarias, que el cuerpo en su conjunto, y particularmente el nervio sensible, permanezcan intactos desde el punto de vista de su estructura (condición continua), y que el cuerpo esté «vivo» (condición incidental general). Aparte de estas condiciones, pueden existir condiciones *puramente* psíquicas, sin correlativos corporales, que deben también cumplirse si las condiciones deben acaecer en la mente. En aras de la sencillez, en este libro daré por supuesto que realmente existe un paralelismo completo entre la mente y el cuerpo, y que es suficientemente mencionar las condiciones corporales, ya que toda condición psíquica tiene su correlativo corporal. Estoy muy lejos de creer que esto sea *cierto*, e incluso no estoy tan seguro de que tenga un *significado* muy preciso capaz de soportar un análisis. Por ello lo doy por supuesto para evitar complicaciones adicionales que carecen de importancia para el problema que nos ocupa.

SENSACIONES, «SENSA» Y ACTOS DE SENTIR

Por las razones expuestas al principio de este capítulo, hasta ahora nos hemos referido a las condiciones fisiológicas y físicas que producen *sensaciones*. Ahora debemos preguntarnos si esto entraña la producción de *sensa* o de actos de sentir, o de ambos. Antes de poder responder a esta pregunta debemos tratar de esclarecer la noción de sensasión algo más ampliamente de lo que hasta ahora hemos tenido oportunidad de hacerlo.

a) El proceso general de sentir

Una sensación, según nuestra opinión, es un complejo en que pueden distinguirse un factor objetivo (el *sensum)* y un factor subjetivo el acto de sentir). La cuestión de saber si cada uno de ellos puede existir sin el otro ha permanecido hasta ahora bastante obscura. Esta claro que es *lógicamente* posible y plausible que pueda haber *sensa* no sentidos. Mas resulta mucho más difícil creer que pueda haber actos de sentir que nada sienten, ya que un acto de sentir parece entrañar una relación especial entre un *sensum* (así sentido) y algo más. Preguntémonos, en primer lugar, si cada sensación diferente entraña un diferente acto de sentir.

Me parece evidente que distinguimos sensaciones diferentes gracias a las diferencias presentadas por los *sensa* que constituyen sus objetos. Si dos *sensa* se encuentran en campos diferentes de la misma historia sensible diremos que el observador ha tenido dos sensaciones diferentes. Si dos *sensa* se encuentran en el mismo campo, y están completamente sobrepuestos en tiempo, diremos que el observador ha tenido dos sensaciones, siempre que los dos *sensa* estén espacialmente separados en sus campos por un fondo que difiera cualitativamente de ambos. Por tanto, considero razonable decir que *sensa* en campos sucesivos son sentidos por diferentes actos, que a su vez son sucesivos. Mas no veo razón alguna para postular diferentes actos de sentir para diferentes *sensa* en el mismo campo. Cuando recordamos que los *sensa* no existen aisladamente, sino que son simplemente características que destacan en los campos sensibles, cualquier opinión de este tipo no puede ser, ni mucho menos, plausible. Parece más razonable suponer que el mismo acto de sentir cubre todo un campo sensible. Entonces podemos distinguir tantas sensaciones como número de *sensa* que destacan en todo un campo sensible; pero no hay necesidad de suponer un acto especial de sentir para cada uno de estos *sensa*. Decir: «Tengo dos sensaciones contemporáneas, una de x y otra de y», parece significar simplemente: «Siento un campo c, en el que x e y son dos partes que destacan, las cuales pueden estar sobrepuestas en tiempo, pero separadas en espacio». Por consiguiente, aunque toda sensación entraña un acto de sentir, esto no quiere decir que la producción de cada sensación entrañe la producción de un acto especial de sentir.

Hasta aquí nos hemos referido a *sensa* que se encuentran en el mis-

mo campo especial; por ejemplo, en algún campo visual. Pero mi historia sensible general está compuesta de varias historias sensibles especiales paralelas; por ejemplo, visuales, de tacto, auditivas, etc. Mi historia sensible general se prolonga a todo lo largo de mi vida, por lo menos de mi vida consciente, aunque puede haber lagunas en cualesquiera de mis historias sensibles especiales. Ahora bien, no veo razón alguna por la que tengamos que suponer que existen tantos actos contemporáneos de sentir como campos sensibles especiales contemporáneos. Los diversos campos especiales están unidos entre sí por relaciones sensibles temporales, formando un campo sensible general. Si puedo percibir simultáneamente un campo visual y un campo tangible, no veo que haya más razón para postular dos actos de sentir, uno visual y el otro de tacto, que para postular dos actos de sentir para percibir una mancha encarnada y una mancha azul en el mismo campo visual. Considero más justo decir que existe un solo acto general de sentir cuyos objetos provienen tanto del campo visual como del campo de tacto. Indudablemente, una sensación de tacto es muy diferente de una sensación visual. Pero también son muy diferentes una sensación de una mancha encarnada redonda y una sensación de una mancha azul cuadrada. La diferencia en los objetos parece ser suficiente para explicar la diferencia entre las sensaciones en ambos casos, y constituye una inútil adición de entidades postular también diferentes actos de sentir, a menos que exista alguna razón especial para ello.

Por tanto, me inclino a pensar que en cualquier momento de nuestra vida, en todo caso cuando estamos despiertos, existe un acto general de sentir; y que estos sucesivos actos generales se unen para formar un solo *proceso* general de sentir, el cual constituye el correlativo subjetivo de nuestra historia sensible general que constituye su objeto. Algunas secciones de este objeto general están compuestas de más, y algunas de menos, campos sensibles especiales. Consecuentemente, algunas veces tenemos más y algunas veces menos clases de sensaciones. Además, un campo de una historia sensible especial puede diferenciarse de otro por el número de *sensa* que destacan en cada uno. Por tanto, a veces tenemos más y a veces menos sensaciones de la misma clase. Pero, si no estoy equivocado, esto no influye en absoluto en el número de nuestros actos de sentir. No niego que de vez en cuando pueda haber actos mentales especiales dirigidos a *sensa* especiales. A veces me interesa particularmente un *sensum*, bien sea por su naturaleza intrínseca o por sus asociaciones. En tal caso, puede prestarle una atención especial. En la medida en que esto entrañe algo más que el colocar simplemente mi cuerpo para poder sentir un nuevo campo en cuyo centro haya un *sensum* mayor y más claro correlacionado con el primero que atrajo mi atención, es indudable que ello entraña dirigir un acto mental especial a un determinado *sensum*. Pero el hecho de prestar una atención especial a un *sensum* constituye algo más que simplemente sentirlo y, por tanto, lo que acabamos de reconocer es totalmente compatible con nuestro anterior criterio de que no hay necesidad de suponer un acto de sentir diferente para cada sensación diferente.

b) Condiciones de sentir y condiciones de los «sensa»

Apliquemos ahora algunas de nuestras conclusiones sobre las diversas condiciones necesarias para la producción de sensaciones. Acabamos de ver que no toda sensación especial entraña un acto especial de sentir, si bien cada sensación entraña *un* acto de sentir. En el último apartado hemos trazado una distinción entre las condiciones incidentales especiales de una sensación y determinadas condiciones iguales e independientemente necesarias generales, algunas incidentales y algunas continuas. Ahora bien, parece probable que el proceso general de sentir es mantenido por las condiciones cerebrales continuas e incidentales generales, que comporta el estar «despierto» y consciente. Y, en mi opinión, la función de las condiciones incidentales especiales consisten, no en producir actos de sentir, sino en producir *sensa* que destacan en nuestras historias sensibles especiales, supliendo así al proceso general de sentir con diversos objetos. Si las condiciones incidentales especiales son cumplidas sin las condiciones cerebrales generales, puede concebirse que los *sensa* puedan seguir produciéndose, aunque indudablemente no serán sentidos. Y sabemos, por fenómenos tales como la ceguera y la sordera, que, incluso cuando ambos grupos de condiciones son cumplidos, el observador no sentirá conscientemente ningún *sensum*, a menos que sean también cumplidas determinadas condiciones conexivas continuas especiales. En tales casos parece más probable que los *sensa* puedan ser producidos sin ser sentidos. Pero estas posibilidades abstractas de la producción de *sensa* no sentidos no pueden examinarse adecuadamente hasta haber esclarecido la noción de «producción», lo que trataremos de efectuar en la siguiente subdivisión.

Puede decirse: «Si usted cree posible que las condiciones incidentales especiales pueden producir *sensa* no sentidos en ausencia de las condiciones cerebrales generales, ¿cree usted que las condiciones cerebrales generales pueden producir un proceso general de sentir, con nada para sentir, en ausencia de las condiciones incidentales especiales?» A esto respondo: *a)* Probablemente no, porque encuentro muy difícil saber qué significaría, si es que significa algo, un proceso de sentir sin objetos para sentir, y, por tanto, dudo mucho de que nada parecido sea posible. Mas no encuentro ninguna dificultad similar respecto a la posibilidad de *sensa* no sentidos. Y *b)* En todo caso, la cuestión no puede comprobarse empíricamente, por la siguiente razón: las condiciones cerebrales que mantienen el proceso general de sentir son de por sí dependientes de mis condiciones somáticas generales. No podemos estar conscientes sin estar vivos; aunque, si se produce alguna vez un dormir total sin sueños o una anestesia total mediante drogras o enfermedad o accidente, podemos a veces estar vivos sin estar conscientes. Por tanto, siempre y cuando se cumplen las condiciones cerebrales para sentir existe un aproximado equilibrio de procesos fisiológicos en el cuerpo en su conjunto. Estas condiciones somáticas suplen al proceso general de sentir con una serie continua de *sensa* interno como objetos. Por

consiguiente, en la práctica, al proceso general de sentir nunca puede faltarle un campo sensible somático para sentir, ya que las condiciones dependientemente necesarias del primero constituyen las condiciones originadoras del segundo. Una vez comenzado el proceso general de sentir y suplido con una historia sensible somática para sentir, los estímulos externos que actúan sobre los órganos suplirán al proceso con campos sensibles de otras clases, tanto visuales como auditivos. El proceso desentir, que es suplido permanentemente con una historia sensible sode sentir, que es suplido permanentemente con una historia sensible sootras clases de campo sensible, ya que éstos le son suplidos de vez en cuando por condiciones incidentales especiales.

Podríamos abandonar aquí esta cuestión, si bien queda una especulación sobre la misma que creo merece la pena señalar. No apostaría demasiado sobre ella, aunque me parece prometedora y no carente de plausibilidad. Mi sugerencia es la siguiente: Hasta ahora nos hemos propuesto analizar el significado de un acto de sentir. Hemos dado por hecho que, cuando un *sensum* es sentido, éste establece una relación especial respecto a algo, y que no establecería exactamente esta misma relación respecto a ese algo si no hubiera sido sentido. Pero no hemos expuesto qué es este algo ni descrito dicha relación. Ahora bien, un resultado, aparecido en el capítulo octavo sobre el problema de saber si los *sensa* son mentales, parece tener importancia para la cuestión que nos ocupa. En dicho capítulo vimos que la necesidad de distinguir entre el *sensum* y el acto de sentir aparecía más evidente en el caso de las sensaciones visuales y auditivas, y que era menos evidente en las sensaciones corporales. En realidad indicamos que quizá las «sensaciones» corporales no sean verdaderas *sensaciones*, sino que son de la naturaleza de presentaciones. Esto quiere decir que son experiencias unitarias en las que realmente es imposible distinguir entre acto y objeto. Acabamos también de ver que, incluso si la distinción entre acto y objeto debe efectuarse respecto a «sensaciones» corporales, las condiciones cerebrales generales del proceso de sentir no pueden surgir independientemente de las condiciones somáticas generales que suplen a este proceso con *sensa* somáticos como objetos. Si combinamos esto último con la idea de que las «sensaciones» corporales no son en realidad distinguibles en acto de sentir y *sensum*, llegamos a la siguiente conclusión: las condiciones cerebrales generales y las condiciones somáticas generales cooperan para proporcionar una serie continua de experiencias corporales unitarias, en las que no puede trazarse una distinción entre acto de sentir y *sensum*. Esto constituye la historia sensible somática; ésta es interrumpida durante la vida, si es que lo es, sólo en los períodos de somnio sin sueños y otros estados de inconsciencia completa. Suponiendo que estas condiciones están satisfechas, estímulos adecuados sobre los órganos sensibles especiales hacen que *sensa* especiales (visuales, auditivos, etc.) se unan a la historia sensible general. Yo sugeriría que «ser sentido» puede significar simplemente «entrar en tales relaciones con la historia sensible somática de manera que forme con ella una historia sensible general». Partiendo de esta opinión, una sensa-

ción de una mancha encarnada sería un *sensum* encarnado relacionado de tal forma con un campo *somático* que juntos formarían un campo *general* en una determinada historia sensible. Una sensación auditiva contemporánea consistiría de un *sensum-ruido*, relacionado de la misma forma con el mismo campo somático. El propio campo somático consistiría en sentidos o presentaciones que no son objeto de actos de sentir, sino estados mentales inanalizables. De este modo formará el factor sujetivo en todas las verdaderas sensaciones. Si preguntamos: «¿Qué clase de relación debe mantener un *sensum* especial respecto a un campo somático a fin de que sea sentido?», la respuesta parece ser que el *sensum* debe mantener una relación de simultaneidad sensible respecto a alguna parte del campo somático, es decir, que ambos deben caer en un solo Presente Lato. Esta es, sin duda, la única relación conocida que vincula diversos campos sensibles especiales, formando así un solo campo sensible general. Naturalmente, puede que se necesite algo más que esto, pero, en cualquier caso, ésta parece ser la característica más sobresaliente de dicha relación. Si esta idea es justa, lo que antes hemos llamado «proceso general de sentir», será simplemente la historia sensible somática, y lo que hemos llamado «ser sentido por el proceso general de sentir» significa simplemente entrar en relación de simultaneidad sensible con una parte de la historia sensible somática.

SIGNIFICADO DE «PRODUCIR» DE LOS «SENSA»

Hemos llegados a la conclusión de que, en un sentido de la palabra, los *sensa* son «producidos». La producción de una sensación consiste en suplir al proceso general de sentir con un determinado *sensum* en un momento determinado como un objeto. Y, si la idea expuesta al final del último apartado es aceptada, esto significa hacer que un determinado *sensum* sea sensiblemente simultáneo respecto a una parte determinada de la historia sensible somática. Mas, incluso así, la noción de «producción» sigue siendo ambigua, por lo que debemos empezar por esclarecer sus diversos significados posibles.

a) Selección y generación

Se dice que el doctor Johnson describió su entrevista con el señor David Hume en los términos siguientes: «La única vez, señor, en que penetré en la confianza de una conversación familiar con este notorio escéptico su contribución al mutuo buen humor consistió en *producir* un dibujo, tan vulgar en su concepción que hasta en un burdel hubiera provocado un murmullo de desaprobación». Ahora bien, lo expuesto por el doctor Johnson nos deja en duda respecto a qué es lo que realmente ocurrió en esta memorable entrevista, y esta duda se debe a la ambigüedad característica de la palabra «producir». *¿Escogió* el señor Hume, para que lo viera el doctor Johnson, uno de los numerosos dibujos licenciosos que (como muchos de sus compatriotas) llevaba en

el bolsillo? ¿O cogió un lápiz y profanó una hoja de papel anteriormente virgen al *generar* un tal dibujo sobre aquélla? Podemos comparar al doctor Johnson con el proceso general de sentir; al señor Hume, con las condiciones productivas de una sensación y al dibujo, con el propio *sensum*. Así podemos plantearnos la cuestión de saber si, cuando una sensación es producida, las condiciones incidentales especiales simplemente escogen un determinado *sensum* de la masa de *sensa* ya existente, vinculándolo con el proceso general de sentir; o si deben generar el *sensum* que es sentido. Naturalmente, puede ocurrir que los *sensa* sean objeto de ambas clases de producción. Incluso si la producción de una sensación requiere sólo la elección de un determinado *sensum* en una masa de *sensa* ya existentes, es poco probable que estos *sensa* hayan existido eternamente. Si no han existido eternamente tendrán que haber sido generados alguna vez. A la inversa, si la producción de una sensación entraña la generación de su *sensum* esto no quiere decir que ello es *suficiente* para producir la sensación. No se producirá sensación alguna a menos que el *sensum* generado esté adecuadamente vinculado con un proceso general de sentir; y no es ni mucho menos evidente que un *sensum* no pueda ser generado sin relacionarse *ipso facto* con un proceso general de sentir.

Por consiguiente, podemos decir que la *producción* debe diferenciarse en *selección* y *generación*. Ahora bien, la selección puede ser, o bien *positiva*, o bien *negativa*. Podemos elegir una carta en una masa de otras cartas, bien cogiéndola y dejando el resto sobre la mesa, o bien dejándola sobre la mesa y tirando el resto al suelo. Al primer proceso lo llamaría selección *positiva* y al segundo selección *negativa*. Por regla general, seleccionar de un grupo g implica lo siguiente: 1) Todos los miembros de g mantienen originalmente las mismas relaciones respecto al seleccionador s. 2) Un miembro particular x, del grupo g, está obligado a mantener una relación diferente de la mantenida por los demás miembros respecto a s. Este resultado puede obtenerse bien dejando el resto del grupo en sus antiguas relaciones respecto a s y cambiando la relación de x, o dejando a x en su antigua relación respecto a s y cambiando las relaciones de todos los demás miembros del grupo respecto a s. La primera es una selección positiva yla segunda negativa.

Ambas formas de selección implican la previa existencia de una masa de *sensa* entre los cuales efectuamos la selección. En primer lugar debemos ver qué significa esto exactamente. Un *sensum*, que yo siento, es un proceso de una corta duración determinada. Si digo que *existía* antes de que yo empezara a sentirlo y que *seguirá existiendo* al dejar de sentirlo no puedo querer decir literalmente que exacta y numéricamente el mismo proceso que el que he sentido existe antes y después de haberlo sentido. Lo que debo querer decir es que este *sensum*, que yo siento, constituye un corto fragmento de un ramal más largo que se prolonga antes del comienzo y después del final de mi *sensum*. El ramal ha de ser cualitativamente igual en todos sus fragmentos para que podamos afirmar, incluso en un sentido pickwickiano, que mi *sensum* «existía antes y después de sentirlo». El ramal, en su conjunto, no

está comprendido en mi historia sensible; pero puedo apreciar la significación de un tal ramal, porque hay numerosos objetos sensibles que *están* comprendidos en mi historia sensible. Se supone que las condiciones fisiológicas y otras condiciones recogen un corto fragmento de ese ramal, vinculándolo con mi proceso general de sentir, de modo que se transforma en uno de mis *sensa*. Así, pues, la teoría de selección parece implicar que *todos* los *sensa* son cortos fragmentos de ramales más largos y prácticamente uniformes, incluso cuando no sentimos estos ramales en su conjunto y, por tanto, no son objetos sensibles en nuestras historias.

Partiendo de esta opinión, es de suponer que el proceso de selección deberá desempeñar dos papeles diferentes. 1) Seleccionar uno o más de uno de estos ramales; y 2) De cada ramal seleccionado escogerá un fragmento determinado, largo o corto, que deberá ser vinculado con mi proceso general de sentir. Supongamos, por ejemplo, que una determinada fuente emite un resplandor de luz encarnada y otro de luz ultravioleta. Según la opinión que acabamos de exponer, ambos serían objetos sensibles. El primero consistiría en series sucesivas de *sensa* encarnados muy similares. El otro consistiría en series sucesivas de *sensa* con una cualidad sensible diferente a los primeros. La estructura de nuestros ojos o nervios ópticos o cerebros no nos permitiría sentir parte alguna del segundo objeto sensible. Este es un ejemplo de selección negativa. Además, no podríamos sentir más que un corto fragmento del primer objeto sensible. La posición de mi cuerpo y los importantes procesos en mi cerebro y sistema nervioso seleccionan probablemente este corto fragmento particular del conjunto del objeto sensible encarnado, como un *sensum* en mi historia.

Pero no cabe duda de que nuestros cuerpos actúan a manera de selección. Si nos volvemos en una dirección eliminamos automáticamente las apariencias de objetos en muchas otras direcciones. Además, es probablemente la estructura de nuestros cuerpos la que determina la relativamente breve serie de vibraciones a las que corresponden las sensaciones de color, etc. Pero la cuestión estriba en lo siguiente: ¿Seleccionan nuestros cuerpos *sensa*, y son *únicamente* selectivos en su acción? ¿O son también generadores? Doy por supuesto que la opinión corriente del sentido común consiste en que no seleccionan *sensa*, sino que *generan sensa*. La opinión corriente será, pues, que nuestros órganos sensibles especiales y nuestros nervios sensibles seleccionan vibraciones de determinadas longitudes de onda y que transmiten las correspondientes perturbaciones al cerebro; las vibraciones magnéticas, ondas luminosas de una frecuencia demasiado alta o demasiado baja, etcétera, son automáticamente cortadas y no perturban al cerebro. Hasta ahora, la selección se efectúa en una serie de *vibraciones físicas* y no en una serie de diferentes *objetos sensibles*. Además, generalmente se supone que si, y sólo si, una perturbación llega al cerebro un *sensum* es *generado*.

Ahora bien, no creo que exista forma alguna de decidir entre las teorías puramente selectivas y generadoras. Por el momento, lo más

que podemos hacer es destacar los principales méritos y defectos de las teorías del tipo selectivo. Por lo que se ve, su mérito principal es que facilitan más la comprensión de la posición relativa ontológica de los *sensa* en el mundo que las teorías generadoras. En estas últimas existe una clara distinción entre objetos y procesos físicos, por una parte, y los *sensa* generados por ellos bajo determinadas circunstancias peculiares, por otra. El propio concepto de generación no es fácil de comprender, mientras que el de selección es bastante inteligible. Y la posición relativa de los *sensa*, una vez generados, en un mundo que consiste casi en su totalidad en procesos y objetos científicos, tiene indudablemente un carácter muy peculiar. Por último, conocemos directamente muchos *sensa* y, por tanto, sabemos *qué* son y *qué clase* de cosas son. Ahora bien, el complemento natural de una teoría selectiva de la producción de los *sensa* es una teoría basada en que los procesos y objetos físicos están compuestos de *sensa*, muy pocos de los cuales son sentidos y la gran mayoría no son sentidos. Puede justamente afirmarse que las entidades hipotéticas de una teoría semejante son menos hipotéticas que las de la teoría generadora, la cual estipula una diferencia de *clase* entre los procesos y objetos físicos y los *sensa* y objetos sensibles. Según la opinión sobre los objetos y procesos físicos correspondiente a la teoría selectiva de la producción de los *sensa*, todo lo que necesitamos postular son *sensa* no sentidos y objetos sensibles no sentidos. Es decir que sólo necesitamos dar por supuestas más entidades de la misma clase que las que conocemos en nuestras historias sensibles.

Por consiguiente, podemos decir que *si* una teoría puramente selectiva puede aplicarse favorablemente, y que *si* puede ir acompañada de una teoría satisfactoria de objetos físicos compuestos totalmente de *sensa*, aquélla tendrá el doble mérito de evitar el difícil concepto de generación y de atribuir a los *sensa* una posición relativa en el universo menos ambigua de lo que puede atribuirle cualquier teoría generadora. Seguidamente expondré ciertas dificultades presentadas por las teorías del tipo selectivo, y la naturaleza y posición relativa de los *sensa* que generalmente acompaña tales teorías.

1) Resulta difícil elaborar una teoría puramente selectiva sin postular una cantidad enorme de *sensa* no sentidos. No me refiero en este caso a los *sensa* que deben situarse en lugares donde no hay observadores. Después de todo, *cualquier* teoría tiene que situar *algo* (por ejemplo, ondas luminosas, etc.) en tales lugares y tiempos; por ello, a este respecto, la teoría selectiva no está en peor situación que la generadora. A lo que me refiero es al siguiente hecho: En un lugar en que el físico diría que se está desarrollando un solo proceso físico es posible sentir toda clase de *sensa* cualitativamente diferentes introduciendo diferentes observadores o alterando los estados internos de un solo observador. Si los procesos fisiológicos son puramente selectivos tendremos que postular tantas clases de *sensa* que coexisten en un lugar y tiempo dados, como cualquier observador, por muy anormal que sea su situación corporal, puede sentir si se le introduce allí

en dicho momento. Digo que *coexisten*, aunque literalmente no podemos tener al mismo observador en dos estados diferentes simultáneamente o a dos observadores en el mismo lugar simultáneamente. Y esto porque si encontramos cambios característicos en los *sensa* que son sentidos desde un lugar *siempre* que alteremos adecuadamente el estado interno del observador que se encuentra allí o introducimos un adecuado observador anormal en el lugar de aquél. Si sostenemos que los estados internos de los cuerpos de los observadores son causalmente independientes de los *sensa* que sienten y simplemente actúan de manera selectiva, debemos llegar a la conclusión, de acuerdo con el argumento expuesto en el capítulo undécimo, de que los *sensa iguales* a todos aquellos que sienten los diversos observadores *coexisten*, si bien los *sensa* que en *realidad son sentidos* son sucesivos. (Cotéjese desde página 302 hasta pág. 307.)

Expondré un ejemplo muy sencillo para ilustrar lo que quiero decir. Un observador se encuentra en un lugar determinado y siente un determinado objeto sensible. Al empujar hacia un lado uno de sus ojos con un dedo empezará a sentir dos objetos sensibles similares que están sensiblemente separados. Esto ocurre siempre que empuja un ojo hacia un lado. Si las condiciones corporales son puramente selectivas habrá todo el tiempo dos objetos sensibles separados y parecidos, uno de los cuales no es sentido excepto cuando empuja uno de los ojos hacia un lado. Esto constituye para mí una píldora demasiado gorda de tragar y cualquier partidario de una teoría puramente selectiva tendrá que tragarse una gran dosis de píldoras no menos gordas. Si los *sensa* que un observador anormal o un observador normal en un estado temporal anormal siente desde un lugar determinado fueran *totalmente diferentes* a aquellos sentidos por observadores normales desde el mismo lugar, una teoría puramente selectiva sería más plausible. La dificultad estriba en que los *sensa* anormales se parecen mucho a los normales y, no obstante, son claramente diferentes. Resulta muy difícil, en estas condiciones, no llegar a la conclusión de que tanto los *sensa* anormales como los normales son *generados* por dos grupos de condiciones, uno común a ambos y otro que varía de un observador a otro. El primero explica el parecido y el segundo la diferencia entre los *sensa*.

Las únicas teorías puramente selectivas que conozco son la de M. Bergson en *Materia y Memoria* y la del profesor Alexander en *Space, Time, and Deity*. M. Bergson sostiene, si no estoy equivocado, que las condiciones fisiológicas son puramente selectivas y que la selección es negativa. Nuestras mentes mantienen normalmente relaciones cognoscitivas similares respecto a todo proceso en la Naturaleza, y toda la función de nuestros cuerpos, por lo que se refiere a percepción y memoria, consiste en *excluir* la vasta mayoría de estos procesos de nuestro conocimiento. Desgraciadamente, M. Bergson no condesciende en entrar en detalles, y la única forma posible de adoptar una actitud en favor o en contra de las teorías selectivas es elaborarlas en detalle y ver si pueden cuadrar con los fenómenos conocidos. El profesor Ale-

xander no da pie a esta objeción. Realizó heroicos esfuerzos por elaborar una teoría puramente selectiva complementándola con una opinión muy clara e interesante acerca de la naturaleza de los *sensa* y su posición relativa en el Universo. Parte del principio de que los objetos físicos son ramales de historia de cuatro dimensiones; en esto, indudablemente está en lo cierto. Seguidamente supone que los *sensa* son «secciones» que atraviesan tales ramales. Los *sensa* están, por tanto, «comprendidos en» objetos físicos, ya que las diversas secciones que podrían obtenerse al cortar en varias direcciones un cilindro corriente están «comprendidas en» el cilindro. La posición del cuerpo del observador selecciona los particulares objetos físicos, así como las secciones particulares de cada uno de éstos que su mente puede «contemplar» ahí y entonces. La función de los procesos fisiológicos en el cerebro o el sistema nervioso consiste en mantener ese proceso de «deleite» que es la contemplación de tales seccions. Si pudiera aplicarse, esta teoría presenta muchas ventajas. Coincide con el sentido común en considerar que los *sensa* son fragmentarios y dependientes, en comparación con los objetos físicos. Pero, no obstante, considera que todos los *sensa*, independientemente de si son o no sentidos, existen como «partes» de objetos físicos, en una forma totalmente precisa e inteligible. Existen en los objetos físicos, del mismo modo que las diversas posibles secciones de un volumen geométrico existen en éste. Algunos son momentáneos y pueden compararse con las diversas secciones circulares de un cilindro, si comparamos el eje de un cilindro corriente con el tiempo-dirección de un ramal de historia física. Otros consisten en un grupo de procesos momentáneos de diferentes tiempos, todos ellos cayendo en un mismo breve período determinado. Estos pueden compararse con las secciones oblicuas de un cilindro corriente.

Desgraciadamente, resulta muy difícil mantener tal teoría frente a todos los fenómenos. Si nunca soñáramos y si siempre viésemos los objetos a través de un medio completamente homogéneo, sin espejos, lentes, etc., y si las personas y las cosas no cambiaran de lugar, sería más plausible. No puedo, naturalmente, exponer aquí ninguna crítica oportuna sobre dicha teoría, pero puedo formular las preguntas siguientes: Cuando veo la imagen de un alfiler en un espejo, ¿de qué objeto físico exactamente son secciones mis *sensa* visuales? Si son secciones de la historia del alfiler, ¿por qué están opticamente presentes en un lugar apartado del que está ocupado por el alfiler? ¿Cómo pueden ser los *sensa-imagen* y los que siento cuando miro directamente al alfiler, secciones del mismo ramal de historia física? Si los *sensa-imagen* no son secciones de la historia del alfiler, ¿son secciones de algún ramal de historia física localizado en el lugar óptico de aquéllas? Indudablemente, no, ya que, como se sabe, allí no se está desarrollando proceso físico importante alguno. ¿Son entonces secciones de algún ramal de historia física localizadas sobre la superficie del espejo? Si así es, ¿por qué se encuentra su lugar óptico a cierta distancia *detrás* de la superficie del espejo, en vez de hallarse sobre ésta? El profesor Alexander ha tratado por todos los medios de abordar

estas dificultades, y en el curso de su exposición se han puesto de manifiesto cuestiones de gran valor, si bien no figura proposición alguna que yo pueda totalmente comprender o aceptar.

2) Si, frente a dificultades de esta índole, añadimos el más mínimo indicio de acción generadora a una teoría puramente selectiva, ésta pierde inmediatamente muchas de sus ventajas. Me referiré a la teoría del señor Russell, expuesta en *Lowell Lectures* y en *Analysis of Mind,* como ejemplo de teoría predominantemente selectiva con un pequeño indicio de acción generadora en la misma. El considera un objeto físico como un grupo de *sensa* relacionados, con miembros en todas las partes del Espacio-Tiempo físico. La vasta mayoría de estos *sensa* no son sentidos. Si el cuerpo de un observador en vida se encuentra en un lugar determinado en un momento determinado, sentirá un *sensum* de cada uno de estos grupos, mas sólo uno; aunque, naturalmente, sentirá simultáneamente *sensa* de muchos grupos diferentes. Hasta aquí la teoría es puramente selectiva. Pero, si no estoy equivocado, el señor Russell mantiene que aquellos *sensa* pertenecientes a un objto físico dado, los cuales ocupan regiones del Espacio-Tiempo físico donde no hay cuerpo vivo organizado, son sistemáticamente diferentes en cualidad de los *sensa* del mismo grupo que ocupan regiones del Espacio-Tiempo donde dicho cuerpo está presente. Esto parece indicar que el cuerpo del observador y sus procesos generadores, como asimismo selectivos, en su acción (y que), por lo menos, modifican cualitativamente aquellos *sensa* de cualquier grupo que se encuentra a su alrededor. El señor Russell parece generalmente considerar los cuerpos organizados como análogos a los medios deformadores, como el cristal de color. Por mi parte considero que la teoría del señor Russell, en su forma actual, no deja de tener un carácter transitivo; constituye sólo un primer paso en la dirección que él desea seguir. Esto hace que aparezca como una encantadora *Aunt Sally* para los numerosos filósofos que se preocupan más de apuntarse tantos de ingenio verbal que de ayudar a descifrar las complejidades de la Naturaleza. A continuación señalaré algunas de las principales dificultades que me han llamado la atención en esta teoría, según ha sido expuesta; y esto sin pensar ni un momento en que constituyen objeciones terminantes a este tipo de teoría o que el señor Russell no las haya podido observar como yo.

1) Una teoría puramente selectiva, si pudiera elaborarse, comportaría dos ventajas, una ontológica y la otra epistemológica. La ventaja ontológica consiste en que a los *sensa* les sería atribuida una posición relativa precisa e inteligible como, en cierto sentido, «partes» de objetos físicos; mientras que en las teorías del tipo generador resultan difícil ver cómo existen junto a los objetos y procesos físicos que los generan. La ventaja epistemológica consiste en que las entidades hipotéticas requeridas por toda teoría para cubrir las lagunas entre nuestras sensaciones son aquí de la misma clase que los *sensa* que sentimos. Por tanto, lo único que hacemos es postular más entidades de una clase que sabemos existe.

Ahora bien, me parece que una teoría como la de Russell, por muy

importante que sea desde el punto de vista ontológico, sacrifica la mayor parte de las ventajas epistemológicas de una teoría puramente selectiva. Si nuestros cerebros y sistemas nerviosos son una clase de «medio» existirán medios de los que ni el «Hombre Libre» puede liberarse. Y es reconocido que «desfiguran» en una medida desconocida todos los *sensa* que podemos llegar a conocer. Por consiguiente, no sabemos en realidad que los *sensa* pueden existir separados de cerebros y sistemas nerviosos. E, incluso si decidimos postular *sensa* de alguna clase en lugares y tiempos donde no hay cerebros ni sistemas nerviosos, no podemos tener ni la menor idea de las cualidades sensibles intrínsecas que tales *sensa* puedan tener. Ciertamente, sobre ellas no sabemos ni más ni menos que lo que sabemos sobre los procesos y objeto científicos hipotéticos de la Teoría Científica Crítica. Llamarlos *sensa*, en estas circunstancias, no puede por menos que conducir a una confusión, pues nos exponemos a ocultar el carácter puramente hipotético de estos procesos, dando la sensación de que sus cualidades intrínsecas nos son muy conocidas. Mas, en realidad, nada sabemos sobre los procesos que se producen en tiempos y lugares intermedios entre la apertura del postigo y nuestro acto de sentir un resplandor, excepto que obedecen a las ecuaciones de Maxwell.

2) En los capítulos noveno y décimo señalé que los objetos físicos perceptivos son unos *composita*, formados por diversos objetos componentes correlacionados, ópticos, de tacto, etc. Ahora bien, la teoría del señor Russell parece estar basada totalmente en el examen de los componentes *ópticos* de los objetos físicos perceptivos. Es una teoría de *objetos ópticos completos* y, hasta ahora, de nada más. No puede siquiera decirse que haya abordado los *objetos ópticos parciales* como las imágenes en el espejo, o las complicaciones aún mayores de medios de transmisión no homogéneos. Cuando el señor Russell nos dice que podemos fácilmente abordar la Naturaleza considerándola como un conjunto espacial de seis dimensiones, en el que todos los *sensa* ocupan sus correspondientes lugares, y considerando los objetos físicos como grupos de *sensa* que forman conjuntos espaciales de tres dimensiones, no puedo por menos que suponer que se refiere únicamente a *sensa* visuales y a objetos ópticos completos. Según esta interpretación, comprendo más o menos lo que quiere decir, pero nada comprenderé si trata de introducir en dicho esquema todas las clases de *sensa* y todos los componentes de los objetos físicos perceptivos.

3) Intimamente relacionado con esto se encuentra el hecho de que el señor Russell no ha considerado aún el cuerpo del observador en términos de su teoría general de objetos físicos. El cuerpo es un objeto físico, y considerarlo como un objeto perceptivo tiene todos los componentes que puede tener cualquier partícula de materia, junto con un componente especial, o sea, la historia somática. Si la teoría general del señor Russell es justa mi cuerpo deberá consistir en una serie de grupos correlacionados, cada uno compuesto de *sensa* correlacionados de una clase determinada; y esta serie compuesta será la que selecciona e «ilumina» los *sensa* de los otros grupos de cuerpos

físicos que sentimos. No estoy tan seguro de que esta teoría no deba actualmente parte de su plausibilidad al hecho de que, al leer su exposición, pensamos en nuestros propios cuerpos (y quizá en otros medios, como espejos y cristales de colores) como objetos físicos en el sentido no russelliano, y en todas las demás partículas de materia como objetos físicos en el sentido russelliano.

4) Quizá pueda objetarse que la teoría de Russell hace los *sensa* demasiado substanciales y autoexistentes, y los objetos físicos demasiado espectrales. Indudablemente, la teoría de Alexander coincide más, en este aspecto, con el sentido común. Pero, por mi parte, no atribuyo gran importancia a esta objeción. Después de todo, según la teoría de Russell, los *sensa* no sentidos no existen, por regla general, aisladamente. Son miembros de grupos físicos vinculados por una similitud cualitativa y reglas permanentes de correlación espacio-temporal. Y la alegada solidez de los objetos físicos, en comparación con los *sensa*, puede basarse sólo en nuestro particular interés práctico hacia los grupos que son considerablemente estables y en nuestra falta de interés práctico hacia los *sensa* aislados o de grupos anormales o menos permanentes, como, por ejemplo, las imágenes en el espejo.

El punto más importante de la cuestión que nos ocupa parece ser el relativo a que las teorías selectivas se encuentran actualmente más bien en la posición de un gobierno democrático. No existe argumento *positivo* alguno en favor de ellas; los únicos argumentos *en favor* de las mismas son las objeciones presentadas *contra* sus alternativas. Y la analogía puede ampliarse aún más, siempre que haya serias objeciones positivas respecto a todas las teorías selectivas que empero han sido sugeridas. Si, para evitar éstas, introducimos una determinada cantidad de generación, podemos mantener muchas de las ventajas ontológicas de las teorías selectivas, mas perdemos la mayor parte de los beneficios epistemológicos e introducimos el nuevo y difícil concepto de generación.

b) Causalidad y creación

Queda por examinar la forma de producción que hemos llamado *generación*. Este es de por sí un término ambiguo; y generalmente debe distinguirse en *causalidad* y *creación*. Como veremos, la distinción entre las teorías creadoras y causales no se basan en una diferencia absoluta de clase; mas no deja de ser importante y debe comprenderse perfectamente antes de poder exponer un juicio crítico sobre las teorías generadoras de la producción de *sensa*.

Cuando digo que la fricción de dos cuerpos «genera» calor utilizo «generación» en el sentido causal, y no creador, de la palabra. Quiero decir que a un determinado proceso en dos cuerpos ya existentes (por ejemplo, frotar juntos una barrena y un trozo de hierro) sigue un cambio de cualidad (o, mejor dicho, un cambio de intensidad en una cualidad ya existente) en ambos cuerpos. Toda generación corriente es de este tipo. Presupone que a un cambio específico de cualidades o relaciones sigue, según una regla general, otro cambio específico de

cualidades y relaciones. Por otra parte, *creación* significaría que a determinadas condiciones incidentales en una substancia o substancias preexistentes sigue el surgimiento de una nueva *substancia* de una clase específica. Esta diferencia puede formularse brevemente, en términos de condiciones incidentales y continuas. Tanto causalidad como creación entrañan estas dos clases de condición. En la causalidad corriente el proceso que dichas condiciones determinan *se une* a otra de las condiciones continuas, transformándose en una parte de *su* historia. En la creación, el proceso así determinado no se une a ninguna condición continua suya para formar una ulterior etapa de la historia de aquéllas; o bien permanece aislado, o constituye el comienzo de un ramal de historia completamente nuevo.

Ahora bien, en la vida real no existen ejemplos de creación pura. Por muy aislado que se encuentre un proceso cuando es generado tiene algún lugar y tiempo en la Naturaleza y, por tanto, se une a y continúa la historia de la Naturaleza *en su conjunto* o, cuando menos, la historia de algún *objeto preexistente* particular de la Naturaleza. Además, si aquél ha de ser determinado por procesos en substancias preexistentes, su lugar, tiempo y cualidades específicas serán fijados por los de sus condiciones determinantes. Así está, por lo menos, unido por vínculos *causales* a una o más partes preexistentes especiales de la Naturaleza, si bien le falta la similitud cualitativa y continuidad especial respecto a cualquiera de estas partes, que serían necesarias antes de poder afirmar que realmente se une a y continúa la historia de una substancia preexistente particular. Por consiguiente, podemos referirnos a un proceso generador que es «más del tipo creador» y a otro que es «más del tipo causal»; pero difícilmente podemos referirnos a un proceso como «puramente creador». Proporcionalmente, cuanto más creador es un proceso generador menos inteligible es para nosotros. Una de las dificultades de las teorías generadoras de la producción de los *sensa* es que, por lo menos a primera vista, la generación de *sensa* por procesos físicos y fisiológicos parece ser predominantemente del tipo creador. Veamos hasta qué punto es esto cierto.

Si los procesos que tienen lugar en nuestros propios cuerpos constituyen condiciones suficientes para generar *sensa*, no puede decirse, por regla general, que los *sensa* que aquéllos generan se unen a la historia de las condiciones que los generan y la continúan. Si un cambio en mi nervio óptico o en mi cerebro genera un *sensum* encarnado, nada justifica el que pueda decirse que este *sensum* se une a la historia de mi cerebro o nervio óptico y la continúa. Si los *sensa* y los objetos sensibles difieren en clase de los procesos y objetos científicos está claro que no puede haber continuación literal de cualidad o posición entre un *sensum* y sus condiciones generadoras. La única continuidad es temporal y causal. Suponiendo incluso que los objetos físicos, incluidos nuestros cerebros y nervios, son grupos de *sensa*, algunos de los cuales son sentidos y la mayoría no lo son, seguirá habiendo muy poca continuidad entre la mayoría de nuestros *sensa* especiales y sus

condiciones somáticas, ya que, desde este punto de vista, mi cuerpo es probablemente un gran grupo de *sensa* somáticos, de los que siento una pequeña selección determinada que forma mi historia sensible somática. Las condiciones fisiológicas que generan otros *sensa* se encontrarán, por tanto, en algún lugar de esta masa de *sensa* somáticos. Ahora bien, los *sensa* visuales y auditivos no se parecen en absoluto a los *sensa* somáticos; éstos caen en diferentes historias sensibles especiales, mas no en la historia sensible somática. De ahí que, incluso si nuestros cerebros y sistemas nerviosos son simplemente grupos de *sensa* somáticos, no pueda decirse que los *sensa* visuales y auditivos, de los que son las condiciones continuas generadoras, se unen a aquéllos y continúan simplemente su historia. (Naturalmente, estas observaciones no conciernen a la generación de los propios *sensa* somáticos, puesto que éstos sí se unen a la historia sensible somática, siendo ésta simplemente una selección de toda la masa de *sensa* somáticos que constituirían mi cuerpo, partiendo de la hipótesis que precisamente estamos examinando.) Por tanto, podemos decir, prescindiendo de la naturaleza de los procesos y objetos físicos, que los *sensa* visuales y auditivos pueden unirse a la historia de sus condiciones generadoras y continuarla, si éstas constituyen procesos en nuestros cerebros y sistemas nerviosos. Así, pues, si los *sensa* son generados por procesos fisiológicos, deberá admitirse que la generación es más bien del tipo creador que del tipo causal.

Por otra parte, no debemos exagerar el aislamiento de los *sensa* visuales y auditivos. 1) Todos aquellos que sentimos son, en todo caso, procesos en nuestra historia sensible *general*, y están, por tanto, relacionados, por lo menos mediante relaciones sensibles y temporales, con partes de nuestra historia sensible somática. 2) Además, escasas veces un *sensum* visual acaece separado de otros *sensa* visuales. Esto ocurre cuando percibimos un solo resplandor en una noche obscura. Pero, generalmente, un *sensum* visual es una parte que destaca de un campo visual mucho mayor y este campo visual es de por sí una sección de una historia sensible visual que se prolonga antes y después de aquél. Por tanto, en la inmensa mayoría de los casos, cuando acaecen los *sensa* visuales, éstos se unen a un continuo preexistente especial, o sea, a la historia sensible visual del observador. Esto es cierto con menos frecuencia respecto a los *sensa* auditivos, si bien a veces también es cierto respecto a ellos. 3) Ocurre a menudo que un *sensum* visual no continúa meramente la historia sensible visual en general, sino que continúa la historia de un objeto sensible particular dentro de aquélla. Esto es cierto respecto a la mayoría de los *sensa* que destacan en nuestros campos visuales, si miramos fijamente en cualquier dirección. 4) Incluso cuando un *sensum* es un proceso completamente aislado en *mi* historia sensible general, y no forma parte de un objeto sensible en una de mis historias sensibles especiales (por ejemplo, cuando se trata de un solo resplandor percibido en una noche obscura), puede tener correlaciones particularmente estrechas con *sensa* en las historias de otros observadores. Puede ser un miembro de un

grupo de *sensa* muy parecidos que constituye un objeto óptico completo o parcial y que tiene miembros en las historias de varios observadores. Y el *sensum* en la historia de otro observador de este modo correlacionado con otro *sensum* en mi historia puede de por sí no estar aislado; puede ser una sección de un largo objeto sensible. Por ejemplo, otra persona puede estar mirando a una vela encendida y entre ésta y mi cuerpo puede haber un objeto opaco con un postigo. Si éste se abre repentinamente y vuelve de nuevo a cerrarse, sentiré un *sensum* visual aislado. Pero estará correlacionado con un *sensum* muy parecido en la historia de la otra persona, y este otro *sensum* será una corta sección de un largo objeto sensible. Es decir, que, indirectamente, mi *sensum* aislado estará correlacionado con un determinado objeto sensible especial, aunque este objeto sensible no esté en *mi* historia.

Por consiguiente, en general dista mucho de ser verdad que los *sensa* son casos completamente aislados y que no se unen a la historia de continuos preexistentes. Lo que debemos decir es que *algunas veces* parecen estar extremadamente aislados; que *a menudo* su conexión con continuos preexistentes es bastante lejana e indirecta; y que, aparentemente, *nunca* se unen a la historia de este continuo particular (o sea, el cerebro), que es la morada de sus condiciones incidentales especiales más inmediatas. Estos hechos demuestran que la generación de *sensa* mediante procesos físicos y fisiológicos debe ser considerablemente diferente de la causalidad de un cambio en un objeto físico por un cambio en otro. Mas lo que estos hechos no indican es que la generación de *sensa*, si es que en realidad se produce, constituye un proceso de creación totalmente ininteligible.

c) Causalidad física y causalidad de «sensa»

Hemos visto que no existe diferencia radical entre causalidad y creación, pero que la generación de procesos físicos es más bien del tipo causal y la generación de *sensa* más bien del tipo creador. Debemos, pues, formular una definición de generación que abarque ambos casos y luego señalar qué es lo que distingue la generación de *sensa* de la generación de procesos físicos.

Para hacerlo debemos profundizar algo más en la naturaleza de los procesos. Un proceso es un existente particular y, por tanto, la generación de cualquier proceso equivale a la generación de un nuevo existente particular. Esto quiere decir que exacta y numéricamente el mismo proceso no puede repetirse, aunque, naturalmente, procesos cualitativamente similares pueden tener lugar en muchos tiempos y lugares diferentes. Además, debemos distinguir entre *calidad de determinado* y *particularidad*. Un matiz de encarnado perfectamente definido es determinado, pero no particular. La diferencia entre determinación y particularidad puede verse en el siguiente ejemplo. Consideremos 1) el encarnado en general; 2) un matiz de encarnado perfectamente definido, y 3) un determinado *sensum* que tiene este matiz de encarnado. La relación de 3) respecto a 2) es completamente dife-

rente a la relación de 2) respecto a 1), si bien esto se encuentra a menudo oculto tras el criterio de que 2) es un *caso* de 1) y que 3) es un *caso* de 2). La diferencia consiste en que el *sensum* no puede repetirse, aunque otros *sensa* de el mismo matiz pueden tener lugar en otros tiempos y lugares. Por otra parte, el definido matiz de encarnado es, no obstante, universal, ya que cualquier número de *sensa* pueden tener exactamente este matiz de encarnado. Es, por tanto, más justo decir que el matiz definido de encarnado es un *determinado inferior bajo el determinante de encarnado* (adoptando la terminología del señor W. E. Johnson), y que el *sensum* es un *caso particular* de este determinado. Las analogías y diferencias entre ser un determinado bajo un determinante y ser un caso de un determinado son las siguientes: 1) Los determinantes comportan una pluralidad de determinados, y los determinados tienen una pluralidad de ejemplos. 2) Pero el número de determinados, bajo un determinante dado es una consecuencia necesaria de la naturaleza del determinante, mientras que el número de casos en un determinado dado es puramente contingente. Está en la propia naturaleza del color encarnado el que haya tales y tales matices de encarnado, pero el número de casos en cualquier matiz de encarnado depende del carácter del mundo existente. Y 3) Los casos de determinados son siempre particulares, mientras que los determinados bajo determinantes son siempre universales.

Ahora bien, un proceso es descrito totalmente, es decir, destaca de todos los demás procesos si conocemos 1) su lugar y tiempo en algún Espacio-Tiempo; 2) su prolongación y duración, y 3) los determinados de los que es un caso. Por ejemplo, un determinado *sensum* visual es totalmente descrito si sabemos dónde y cuándo acaece en la historia sensible de un observador, qué forma tiene, cuánto dura y exactamente qué matiz de color tiene. Así, pues, el acaecimiento de cualquier proceso consiste en la «ocupación» de una determinada región definida en algún Espacio-Tiempo por uno o más determinados bajo uno o más determinantes. Además, la naturaleza del «relleno» de una o más regiones puede establecer, de acuerdo con reglas generales, la naturaleza del «relleno» de otra determinada región. En ese caso decimos que los procesos que consisten en «rellenar» regiones anteriores con tales y tales determinados *generan* el proceso que consiste en «rellenar» esta última región con otros tales y tales determinados.

Ahora podemos formular una *definición* de generación en general. La forma más amplia de ley causal podría ser del tipo siguiente: si cualquier determinado c del determinante C sucede en la región r del Espacio-Tiempo E, un cierto determinado correlacionado γ de un cierto determinante correlacionado τ sucede en una cierta región correlacionada ρ de un cierto Espacio-Tiempo correlacionado Σ. (Naturalmente, el precedente puede entrañar más de una determinante y más de una región; pero no tenemos necesidad de complicar más las cosas respecto a la cuestión que nos ocupa.)

A mi modo de ver, la causalidad física corriente se distingue por una gran simplificación de este tipo de ley muy general. 1) Todos

los procesos en consideración se encuentran en el mismo Espacio-Tiempo (o sea, el Espacio-Tiempo físico), por lo que $E=\Sigma$. Esto es cierto, pese a que el Espacio-Tiempo físico puede dividirse en numerosas formas de ejes-tiempo y espacios sin tiempo. 2) Muy a menudo, en la causalidad física sólo tenemos que abordar un solo determinante, por ejemplo, el movimiento físico. Esto sería cierto si, por ejemplo, estuviésemos examinando cómo el movimiento de una bola de billar genera el movimiento de otra bola de billar. En tales casos $C=\tau$. 3) Los determinantes son generalmente de tal naturaleza que sus determinados pueden ser establecidos al atribuir un valor numérico particular a una variable cuantitativa. Si esto es así, c y γ estarán relacionados por una fórmula matemática, como, por ejemplo, $\gamma=\Phi(c)$. Por último, 4) Puesto que estamos tratando aquí con un solo Espacio-Tiempo, podemos atribuir un solo sistema de coordenadas a todo el conjunto. Las regiones r y ρ x tendrán, por tanto, coordenadas en el mismo sistema, y la correlación entre ellas podrá expresarse mediante una ecuación o grupo de ecuaciones de la forma $\rho=\Psi(n)$.

Ahora bien, la peculiaridad de la causalidad de los *sensa* puede residir en que estas condiciones simplificadoras no sean cumplidas en este caso. Tomemos, por ejemplo, la producción de un *sensum* encarnado mediante procesos en el nervio óptico y en el cerebro, suponiendo que éstas son condiciones incidentales suficientes. 1) Los procesos-cerebro consisten en rellenar una determinada región de Espacio-Tiempo físico con ciertos determinados físicos. El *sensum* consiste en el relleno de una región en el Espacio-Tiempo visual de un observador con un matiz determinado de encarnado. Esto comprende, por tanto, dos Espacio-Tiempos diferentes. 2) Como consecuencia, la correlación entre r y ρ será de un tipo mucho más complicado que lo sería si r y ρ fueran simplemente dos regiones en el mismo Espacio-Tiempo. 3) Aquí nos interesan dos determinantes completamente diferentes, o sea, el movimiento físico (digamos) y el color encarnado. Por tanto, no podemos poner $C = \tau$. 4) Los determinados bajo encarnado, es decir, los matices definidos de encarnado, no pueden expresarse simplemente por diferentes valores del mismo variable numérico, ya que difieren cualitativamente. Por consiguiente, no podemos poner $\gamma=\Phi(c)$, cuando esto equivale a una ecuación algebraica corriente o a un grupo de ecuaciones.

Todo esto es, indudablemente, fastidioso, pero en realidad no hace que la causalidad de *sensa* sea diferente en *clase* a la causalidad de un proceso físico por otro. Lo único que ha hecho el científico es excluir de su mundo casi todas las diferencias *cualitativas*, contentándose con el residuo. Pero la masa total de apariencias sensibles, desde las más imprevistas hata las más triviales, y desde las más normales hasta las más extrañas, forma parte del contenido total del mundo existente. Por tanto, no tenemos por qué sorprendernos si la estructura y las leyes del mundo existente en su conjunto no muestran esa agradable sencillez que distingue la parte particular del mismo a que se han limitado los científicos. La ciencia ha sido capaz de realizar los progresos

que ha realizado porque ha ignorado deliberadamente un aspecto de la realidad. El final ha justificado los medios, pues el mundo es tan complejo que sólo puede comprenderse poco a poco. Además, el éxito de esta abstracción muestra que la realidad, en su conjunto, tiene menos unidad que determinadas partes de la misma. La parte física y la parte sensible de la realidad no forman, ni mucho menos, compartimientos herméticos, pero lo que sí parece es que existen en cada una de dichas partes formas de unidad característica que no se prolonga de una a otra. Desde el punto de vista filosófico, el método seguido por las ciencias naturales se parece más bien al de aquellas conferencias diplomáticas que tanto han hecho por embellecer la vida europea desde que los aliados inauguraron en 1918 la nueva Jerusalén. En cada ocasión se ha puesto de manifiesto una gran unidad, pasando por alto los problemas más peliagudos, con el pretexto de que serían discutidos en una futura conferencia. En la filosofía, como en la economía, los hechos no dejan de ser reales, aunque se haga caso omiso de ellos; y el filósofo se transforma en heredero universal de todos aquellos aspectos de la realidad que el físico (obrando justamente con miras a sus propios fines) ha decidido dejar fuera de toda consideración. La analogía sólo desaparece cuando comparamos el relativo éxito de los científicos con el de los políticos en sus campos respectivos.

La dificultad ante la que nos encontramos respecto a la posición relativa ontológica de los *sensa* puede resumirse de la forma siguiente: pensamos que cualquier cosa que puede justamente considerarse como «real» debe ocupar algún *lugar* y algún *tiempo*. Y estamos tan acostumbrados al Espacio-Tiempo físico, y a la forma en que los procesos y objetos físicos ocupan regiones en aquél, que creemos que un proceso no puede ser «real» a menos que ocupe alguna región en el Espacio-Tiempo físico en la forma en que lo hace un proceso físico. Ahora bien, parece estar claro que, o bien 1) los determinados sensibles (como, por ejemplo, un matiz determinado de encarnado) no son inherentes a regiones del Espacio-Tiempo físico, sino a regiones de otro Espacio-Tiempo; o 2) que, si no son inherentes a regiones del Espacio-Tiempo físico, tendrán que ser inherentes al Espacio-Tiempo en una forma diferente a la que lo son los determinados físicos (como, por ejemplo, el movimiento físico). O bien existe un solo sentido de «inherencia» y muchos Espacio-Tiempos diferentes, o existe un solo Espacio-Tiempo y muchos sentidos diferentes de «inherencia». Ante esta alternativa el mundo en su conjunto es menos sencillo de lo que podemos suponer; y, si llegamos a creer que existe un solo Espacio-Tiempo y una sola clase posible de inherencia, tenderemos a suponer que los *sensa* no están en lugar alguno en momento alguno, y son meras ficciones. Mas, como esto está en completa contradicción con los fenómenos, a menos que sea errónea la forma en que se ha abordado la apariencia sensible en este libro, debemos aceptar una de las dos posibilidades anteriormente indicadas.

Pero, a mi modo de ver, estas dos posibilidades no se excluyen mutuamente, sino que se complementan. Hace tiempo que abando-

namos el concepto de que el Espacio-Tiempo es una especie de almacén vacío, con diversas naves dispuestas a recibir diferentes materiales, si bien sigue siendo conveniente partir del principio de que esto es así. Nuestra opinión es que un Espacio-Tiempo es una forma característica de unidad relativa que penetra en toda una serie de entidades, uniéndolas en una clase particular de complejo, cuya estructura fundamental se ve cristalizada en la geo-cronometría del Espacio-Tiempo en cuestión. Cuando decimos que un determinado «es inherente a una determinada región de un determinado Espacio-Tiempo» queremos simplemente decir que un caso de aquél mantiene determinadas relaciones con otros casos del mismo determinado y de otros determinados, y que las relaciones que mantiene respecto a éstos son del mismo tipo de las que mantienen entre sí. Creo que mi opinión sobre la estructura de la Naturaleza en su conjunto, con su peculiar mezcla de unidad y desunión, puede exponerse más claramente mediante una analogía que mediante una larga exposición formal.

Comparemos un Espacio-Tiempo con una familia de hermanos y hermanas. Sobre esta base, llegar a ocupar una región de este Espacio equivaldrá a un nuevo nacimiento en esta familia. Tomemos una tal familia y supongamos que todos sus miembros son hijos del mismo marido y de la misma esposa. Esta familia fundamental F_1 será considerada como análoga al mundo físico, y la simple relación de hermano o hermana en el seno de la misma será análoga a la estructura del Espacio-Tiempo físico. Supongamos también que algunos de los miembros de F_1 tienen hijos y que otros no los tienen. Los que tienen hijos pueden compararse con cuerpos organizados, y los que no los tienen, con cuerpos inorganizados. A los hijos los consideraré como anólogos a los *sensa*. Consideremos ahora las familias de los miembros de F_1. Supongamos que estos dos miembros son A y B, y llamemos a sus familias F_A y F_B, respectivamente. Los fenómenos que podrán observarse son los siguientes: 1) Cada una de estas familias forma un grupo análogo a F_1. Esto corresponde al hecho de que los *sensa* de cada individuo (siempre que sean de la misma clase) forman un conjunto espacio-temporal. 2) F_A y F_B no forman juntas una familia, en el sentido definido. Esto corresponde al hecho de que las historias sensibles de diferentes observadores forman diferentes Espacio-Tiempos. 3) F_A y F_B forman con F_1 una sola familia, en el sentido definido. Esto corresponde al hecho de que los *sensa* no se encuentran literalmente en el Espacio-Tiempo físico, y que los procesos físicos no se encuentran literalmente en Espacio-Tiempo sensible alguno. 4) No obstante, existen relaciones entre los miembros de F_A y los miembros de F_B, o sea, relación de primazgo. Similarmente existen relaciones entre los miembros de F_A y de F_B con los miembros de F_1, la relación de hijo-padre o de sobrino-tío. Por consiguiente, aunque todo el grupo de individuos de las dos generaciones no constituyen una sola familia, en el sentido de grupo de hermanos y hermanas, constituye, no obstante, un grupo de términos con relación recíproca que puede llamarse una «familia» en un sentido más amplio. Exactamente del mismo modo el mundo físico y las diversas historias sen-

sibles forman un conjunto con relación recíproca, si bien las relaciones que se prolongan de una hisotria sensible a otra o de una historia sensible al mundo físico son más complejas que las que relacionan recíprocamente procesos físicos o que relacionan recíprocamente *sensa* en la misma historia sensible. 5) Por último, podemos suponer que algunos de los miembros de F_1 se han casado dos veces sucesivamente, por lo que tienen dos familias. O también podemos suponer que algunos de ellos se han hecho mormones y tienen varias esposas a la vez. En este caso nos encontramos con una peculiar relación, o sea, medio-hermano, a lo que nada exactamente análogo existía en la Familia F_1. Toda la familia de M, el miembro mormónico F_1, estará dividida en dos o más familias. La relación entre un miembro de una de estas familias y un miembro de otras será más estrecha que de primazgo, pero menos estrecha que de completa hermandad. Ello es análogo al hecho de que la historia sensible general de un observador se divide en varias historias sensibles especiales, de tal forma que las relaciones sensibles temporales se prolongan y las relaciones sensibles espaciales no se prolongan de unas a otras.

Por otra parte, si hubiéramos considerado la familia original F_1 como fundamental y hubiéramos «situado» a todos los miembros de la segunda generación estableciendo sus diversas relaciones, tales como hijo, sobrino, etc., respecto a los diversos miembros de F_1, ello sería análogo a considerar al Espacio-Tiempo físico como fundamental y decir que los determinados sensibles de diferentes clases son inherentes, en formas diferentes, a las regiones de este único Espacio-Tiempo. Si, por otra parte, consideramos el concepto de familias, en el sentido estricto, como fundamental, esto será análogo a decir que existe una pluralidad de diferentes, si bien correlacionados, Espacio-Tiempos, y que los determinados sensibles son inherentes a su propio Espacio-Tiempo del mismo modo que los determinados físicos son inherentes al Espacio-Tiempo físico. Naturalmente, sólo existen dos formas diferentes de abordar el mismo grupo de fenómenos correlacionados. Lógicamente, los dos métodos son recíprocamente equivalentes.

He expuesto este ejemplo elemental para ilustrar a grandes rasgos el modo en que podemos combinar los *sensa* y los procesos físicos en un universo, a pesar de sus muchas e importantes diferencias. Dejemos los detalles exactos de esta cuestión al dialéctico simbólico; mas las complejidades que surgen, hasta en el simple ejemplo de las relaciones familiares, son suficientes para mostrar al lector que la complicación de la Naturaleza en su conjunto es compatible con las relaciones substanciales entre sus elementos, las cuales son comparativamente escasas y sencillas. El error consiste en tratar de introducir por la fuerza la Naturaleza *en su conjunto* en un molde en que cabe sólo una *parte* importante de la misma; y luego suponer que, debido al fracaso de este intento, la Naturaleza, en su conjunto, carece de estructura, y consiste en fragmentos completamente aislados e incoherentes. Existen, en mi opinión, dos niveles diferentes de «sencillez» y entre ellos una región de «complejidad». Por un lado, la clase infe-

rior de sencillez, que puede observarse cuando aislamos un fragmento de la Naturaleza del resto y hacemos caso omiso de todos los fenómenos complejos que no cuadran con el esquema que se aplica a aquel fragmento. Existe, o puede existir, una clase superior de sencillez, donde hemos reconocido la estructura fundamental de la Naturaleza en su conjunto, y hemos visto cómo la estructura de regiones especiales de la Naturaleza no es más que un caso especial de estas relaciones fundamentales. Pero, para pasar de la clase inferior a la clase superior de sencillez tenemos que atravesar una etapa intermedia de confusión y complejidad, donde debemos afrontar la sencillez inferior con todos sus difíciles fenómenos de los que aquélla ha hecho caso omiso. Esta es una tarea a la que todos podemos contribuir si mantenemos ideas claras y nos negamos a aceptar explicaciones baratas y fáciles. La última etapa, la de averiguar el sencillo plan sobre el que está edificada toda esta complejidad, sólo puede ser cumplida por hombres en los que se combina el genio nato con unos conocimientos técnico-matemáticos del más elevado grado. Pocos pueden ostentar esta combinación de virtudes e, indudablemente, el autor de este libro no se encuentra entre los que la reúnen. En nuestros días sólo un hombre, Einstein, ha mostrado lo que puede alcanzar esta combinación en el terreno de la Física. Esperemos, pues, al hombre que sea capaz de mostrar en detalle de qué forma están unidos el mundo de la Física y el mundo de las apariencias sensibles en el conjunto único de la Naturaleza. Lo único que podemos pretender haber hecho aquí es haber expuesto algunos de los fenómenos que este hombre tendrá que examinar y unificar.

Obras adicionales que pueden consultarse con provecho:

A. N. WHITEHEAD, *The Principles of Natural Knowledge*, partes II y IV; *The Concept of Nature*, caps. I, II y VII; *The Principle of Relativity*, caps. II y IV.
B. A. RUSSELL, *Our Knowledge of the External World*, confs. III y IV; *The Analysis of Mind*, confs. V y VII.
S. ALEXANDER, *Space, Time and Deity*, vol. III.
H. BERGSON, *Matière et Mémoire*.
G. E. MOORE, *Philosophical Studies*.
G. E. STOUT, *Mind*, vol. XXXI, núm. 124.

Indice de nombres y de materias

A

Aberración y la Teoría de la Relatividad, 94
— y la Velocidad de la luz, 272
Absoluto, diversas ideas acerca, 149
Absoluto y gravitación, 151, etc.
Actos mentales, 183
Actos de sentir, 184, 372, etc.
ALEXANDER, Prof. S., sobre el Mundo exterior, 17
— sobre los sentimientos, 182
— sobre los «sensa», 377, etc.
ANA, Reina, su muerte, 61, etc.
Apariencia, definición de la, 172
— dos teorías de la, 174
— Teoría del sensum de la, 175
— Teoría de la Relación múltiple de la, 174
ASQUITH, Rt.° Hon. H. H., 104
Aspectos continuos de la Naturaleza, 215, etcétera.
Acontecimientos finitos, 45
— momentáneos, 46
— perceptibles, 276
— fechas de los, 277
— científicos, 278
«Aquí», 47, etc.
«Ahora», 47, etc.
Argumento ontológico, 55
Actos de sentir, 184, etc., 372
— momentáneos, 251
— características temporales, 247, etc.

B

BERGSON, Prof. H., 377
BERKELEY, sobre el Mundo exterio, 16, 170
— sobre «Esse» y «Percipi», 183
— sobre las cualidades primarias y secundarias, 199, 202
— sobre la distancia visual, 213
BOLINGBROKE, vizconde de, 63, 64
BRACE, 101 n.
BRADLEY, F. H., 122

C

Cuerpo humano, como objeto físico, 313, etcétera, 317, etc.
— y el movimiento físico, 319, etc.
— la teoría de Russell sobre el, 380, etc.
Cubo, experimento, 76, etc.
— teoría relativa, 77, etc.
CANTOR, G., y la continuidad, 19
CARLISLE, sobre el tiempo, 65
Causalidad mnémona, 209
— inmanente y transeúnte, 352
— y Creación, 381, etc.
— física, 384
Centros de discontinuidad, 222
Condiciones cerebrales, 366
CHAMBERLAIN, Rt.° Hon. J., 27
Cambio de cosas, 50
— de acontecimientos, 51, etc.
— de propiedades relativas, 52, etc.
— del presente al pasado, 53
— del futuro al presente, 53
— sensible, 252
— observaciones generales sobre el, 290, etcétera.
CRISTO Y., Cuerpo y Sangre de, 72
CLIFFORD, Prof. W. K., y Espacios no homoloidades, 29
Coexistencia física, 302
Color, 203
COLUMBUS, C., 42
Compás girostático, 78
Compresencia visual, 220, etc., 260, etc.
Concordancia con el hecto, 56, etc.
Condiciones originadoras, transmitivas y productivas, 351, etc.
— necesarias y suficientes, 357, etc.
— incidentales y continuas, 364, etc.
— minémonas, cerebrales, conexivas, 366, etcétera.
— psíquicas, 368
— de «sentir» y de los sensa, 371, etc.
— conexivas, 367
Conservación del Impulso, etc., acerca de la Teoría especial de la Relatividad, 133, etc.

Componentes de los objetos físicos, 237, 246
— tangible, 244
— óptico, 245
Contacto doble, 315
Continuas, 364
Convergencia, 39
Curvas universales, 335, etc.
Coordenadas cartesianas, 137, 140, 142
— polares, 141
— sobre la superficie de la esfera, 141, etcétera.
Covariación de las leyes de la Naturaleza, 113, etc.
Ciclóide, 43
Campos, de fuerza, 129
— visuales, 207
— físicos, 273
— táctiles, 244
— somáticos, 315
Calor, radiante, 223
Criterios, existencialista, caracterizador y genético, 54, etc.
— sobre el futuro, 55, etc.
— y frases, 58
— perceptibles, 180
Cinética, de la teoría especial, 132, etc.
Condiciones mnémicas, 367
Condiciones necesarias, dependientes e independientes, 357, etc.
Condiciones, incidentales, 364, etc.
Copresencia óptica, 226
Condiciones productivas, 352
Condiciones psíquicas, 369
Cualidades, primarias y secundarias, 202, etcétera
Campos sensibles, momentáneos, 251
— duración, 254
— generales y especiales, 258
Cosas, 281
Condiciones transmitivas, 351
Conjunto de ideas de raciocinación, y devenir, 64

D

Devenir, 54, etc.
DALTON, Y., 15
DESCARTES, R., 67, 202, 204
Determinados y determinantes, 385
Discordancia, 56
Distancia, sobre las teorías absoluta y relativa, 72, etc.
— medidas directas e indirectas de la, 108
— relacionado con el intervalo de tiempo, 110, etc.
DOYLE, Sir A. Conan, 56
Duración y extensión, 45
— sensible, 253
— de los acontecimientos perceptibles, 278
— de los objetos físicos, 281, etc.
— desde un lugar, 284
DIOS, su conocimiento de la naturaleza, 158
— idea de Berkeley sobre su relación con el mundo exterior, 170

E

Estructura absoluta de la Naturaleza, 137, 143
«En», temporal, 69
— especial, 71
Ejes de referencia, 79, etc., 83
— newtonianos y no-newtonianos, 127, etcétera
EASY, 33
EDUARDO VII, rey, 170
EDUARDO el Confesor, 60, 69
EINSTEIN, prof. A., y los espacios no homoloidades, 29
— sobre las peculiaridades de la gravitación, 129
— sus realizaciones, 390
Electrodinámica y movimiento absoluto, 86, etc.
Energía, conservación, de la, 135
— y gravitación, 346
Eter, y espacio absoluto, 28, 86
Eter estancado, 90, 338
Etica, y filosofía, 23
Eucaristía, 72
EUCLIDES, 26
Estrellas fijas como marco de referencia, 77, etc., 345
Estrellas fijas, hipotético aniquilamiento de las, 81, etc.
Escepticismo fisiológico, 363
Espíritu Santo, y los cuerpos humanos, 313
Espacios sensibles, 329
Espacio, punto de vista tradicional, 25, etcétera
— diferentes clases, 26, etc.
— y éter, 28
— teorías absoluta y relativa, 71, etc.
— momentáneo, 73, 328
— intemporal, 73
— de la historia sensible, 294
Espacio, tiempo físico, 324, etc., 387, etc.
— homoloidad y no homoloidad, 365
— comparado con una familia, 388
Esferas, series, convergentes, 37, 39
— y planos, 142
Estímulo, 356
Esfuerzo, sensaciones de, y fuerza, 120, etcétera
Esfuerzo, 126
Estructura, intrínseca, de la Naturaleza, 137, etc., 325

Espacio intemporal, 331, etc.
— sus puntos, 331
— sus líneas rectas y sus planos, 332

F

Filosofía crítica, 20, etc.
Faraday, M., 16
Fizeau, y la velocidad de la luz, 269, etcétera
Fuerza, teoría descriptiva, 120
— base sensible, 121
— medición, 122, etc.
— en qué sentido carece de importancia para la mecánica, 123, etc.
— un aspecto del esfuerzo, 126
— newtoniana y no-newtoniana, 129, etc.
Futuro, inexistencia del, 53, etc.
— supuesto conocimiento del, 60, etc.
Fuerzas, no-newtonianas, 128, etc.
— y gravitación, 129, etc.
— y la tercera luz del movimiento, 130
— y la teoría general de la relatividad, 144, etc.
Filosofía, supuesto carácter no progresivo de la, 16, etc.
— crítica, 20
— especulativa, 21
— y método de la, 20
— y psicología, 21, 23, etc.
— y lógica, 23
— y ética, 23
Forma, y cualidades secundarias, 203
— y tiempo, 241
— sensible, 241
— óptica, 242
— física, 243
Filosofía especulativa, 21, etc.
Figura de escalera, 189

G

Generación causal, 381, etc.
— creadora, 381, etc.
Galileo, G., 16, 67, 74, 84
Geo-cronometría, 326
Geometría, aplicada, 41
— y la mecánica, 46
— elíptica e hiperbólica, 329, etc.
George, Rev. Hon, D. Ll., 104
Gibbon, M2. E. sobre las creencias judías, 364
Gravitación, y fuerzas no-newtonianas, 128, 150
— peculiaridades de la, 130
— teoría relativista de la, 212, etc., 344, etcétera
— y la energía radiante, 155, 346
Guillermo III, rey, 62

H

Hechos, negativos, 56
Hastings, batalla de, 60, 68
Hicks, Prof. G. Dawes, su teoría de la apariencia, 174
Historia, ramales de la, 291
— de cuatro dimensiones, 293
Hume, D., 374, etc.
Huygens, C., 32
Historias sensibles, 260
— y el tiempo científico, 281
— idealizadas, 327
— somáticas, 372
Huellas, su carácter hipotético, 190
— y movimiento sensible, 209
— y solidez visual, 213
— y distancia visual, 215
— y causalidad mnémica, 367

I

Inmortalidad, doctrina de la, 115, 157
Imágenes mentales y «sensa», 191, 362
— en espejos, 228
— táctiles, 355
Inducción, 288
«Inherencia», diferentes significados de, 387, etc.
Isocronismo, 117
Imágenes-reflejos, 228
Impulso, 124
— conservación del, 114, 132
— índice de cambio, y fuerza de, 120, etc.
Intervalo de tiempo, medidas directas e indirectas, 108
— y separación espacial, 110, etc.

J

Jorge V, S. M., el rey, 171
Johnson, Dr. S., y Pope, 42
— y Hume, 373
Johnson, W. E., 69, 365, 385
Júpiter, eclipses de, 271, etc.

K

Kant, I, 16
— sobre la simultaneidad objetiva, 303, 307
Kekule, 16
Keynes, J. M., sobre la inducción, 288

L

Ley del tercio excluso, y el futuro, 57, etc.
Laird, Prof. J., 186
Laplace, ecuación de, 154, 346

Ley de la gravitación, peculiaridades de la, 130, etc., 151
— y la estructura de la naturaleza, 149, etcétera
Leyes, de la lógica, 64, etc.
— del movimiento, 83, 115, etc., 130, etc., 143, etc.
— de la naturaleza, y de la teoría de la relatividad, 114, etc., 136, etc.
LEIBNTZ, G., y la mecánica, 67
Luz, aberración de la, 93, 272, etc.
— velocidad de la, 90, etc., 269, etc., 341, etcétera
— propagación rectilínea de la, 135, etc.
Límites, 35, etc.
Líneas, definición por medio de la abstracción extensiva, 40
LOCKE, J., 202, 204
Lógica, y filosofía, 23
— y tiempo, 64, etc.
LONDRES, obispo de, y el control de nacimientos, 50
LORENTZ, y el éter, 20, 29
LORENTZ-FITZGERALD, la contracción de, 93, etc.
— no es un cambio físico, 101
— punto de vista relativo, 111
Lugar, sensible, 219
— óptico, 231
— físico, 236
— de los sensa somáticos, 353

M

Mente consciente, 367, n.
Mundo externo, realidad del, 16, 194, etcétera
Marcos de referencia, newtonianos y no-newtonianos, 127, etc.
— y las leyes de la naturaleza, 136, etc.
— y la teoría general de la relatividad, 144, etc.
Masa gravitacional, 126, etc.
— y la energía radiante, 155, 346
— y de inercia, 125
— y energía, 134, 155, etc.
MACH, E., y la rotación absoluta, 144, etcétera
M'TAGGART, Dr. J. M. E., y el tiempo, 62, etc.
Masa, de gravitación y de inercia, 125, etcétera, 155, etc.
— conservación de la, 125, 134
— y energía, 134
Materia, concepto tradicional de la, 168, etcétera
MAXWELL, ecuaciones de, 111, 380
— covariación, 114
Mecánica, y geometría, 47
— clásica, cap. V
— relativista, cap. VI
MEINONG, Prof. A., acerca de «Sein» y «Sosein», 34
Memoria, 788
MERCURIO, perihelio de, 155
MICAWBER, Sr. y Sra., 29
MICHELSON-MORLEY, experimento de, 90, etcétera
— explicaciones físicas del, 92, etc.
— teoría absoluta del, 93
— teoría relativa del, 101
Mente, estados, de, 183
— implica memoria, 288
Mente, definición de la dependencia de la, 182
— existencial y cualitativa, 183, etc.
MINKOWSKI, 335
MOOKERJEE, 82
MOORE, Dr. G. E., acerca de los «sentidos pickwickianos», 171
— sobre la teoría de la relación múltiple de la apariencia, 172
Movimiento, teoría absoluta del, 74, etc.
— teoría relativa del, 75, etc.
— leyes del, 83, etc. cap. V y VI
— visual, 207, etc., 293, etc.
— sensible, 174, 290, etc.
— de objetos sensibles, 294, etc.
— y sensaciones cinestésicas, 296, etc.
— y el cuerpo humano, 319
— absoluto, base sensible del, 295
Movimiento «continuum», 226, 239, etc., 245
MUNRO, «SAKI», 177
Mundo físico, existencia del, 194
— no es una inferencia de los «sensa», 194, etc.
— carácter espacial del, 196

N

Números irracionales, 34
NEOPLATÓNICOS, 330
NEWMAN, su eminencia, el cardenal, 264
NUEVOS REALISTAS, 193, 182
NEWTON, I, 67
— y la rotación absoluta, 76
— sus leyes del movimiento, cap. V

O

«Oir», ambigüedad del, 181
Objetos homogéneos y no homogéneos, 288
Origen interno de las sensaciones, 353
Objetos, sensibles, 249, etc.
— ópticos, 237, etc., 284, etc.
— perceptibles, 237, 278, 281, etc.
— científicos, 238, 286, etc.
— uniformes y no-uniformes, 287, etc.
— y las corrientes de la Historia, 291, etc.

Ocupación, óptica, 226, 231, etc.
— tangible, 244
Objetos ópticos, completos y parciales, 237, etcétera
— duración de, desde un lugar, 284
— duración total de, 284
— permanentes, 284, 380
— no-permanentes, 285
Optica geométrica, 230, etc.
Orden, y sentido, 47
OXFORD, Universidad de, 27, 104, 114
Objetos perceptibles, 237
— partes no percibidas de, etc., 279
Objetos sensibles, 249
— somáticos, 372
Ocupación, tangible, 228

P

Propiedades constitutivas de los objetos físicos, 194
Profundidad, visual, 215, etc.
Propiedad empírica de los objetos físicos, 194
Principio de la abstracción extensiva, aplicado al espacio, 35, etc.
— aplicado al tiempo, 45, etc.
— aplicado a los campos sensibles, 251, etcétera
— aplicado al espacio-tiempo, 335, 331
Primera ley del movimiento, 115
Péndulo, de Foucault, 78
Procesos internos, 317
Producción conjunta, 350, etc.
Parte y todo, 40, etc., 45, etc.
Pasado, realidad del, 53
Percepción y sensación, 177
— de su propio cuerpo, 313
Pickwickiano, significado, 170
PLATÓN, 16
Puntos, definidos por la abstracción extensiva, 40, etc.
POISSON, ecuación, de, 346
POPE, A., 42
Potenciales, 144, 148, 153, etc.
Presentaciones, 183
Presente, lato, 250, etc., 344
Producción, selectiva y generadora, 373 etcétera
Psicología, y filosofía, 22, 23, etc.
PUCK, 56
Procesos «standard», corrección, 117, etc.

R

Relojes, 96
— newtonianos y no newtonianos, 184, etcétera
Ruidos en la cabeza, 354
Relaciones múltiples, y apariencia sensible, 173 a 178, 265
— ejemplos, de, 234
— y simultaneidad neutral, 264
RAYLEIGH, Lord, 101, n.
Realidad, ambigüedad de la, 177
Relatividad, 70
— teoría especial de la, 86, etc., 135, 337, 339, etc.
— principio físico de la, 111, etc.
— teoría general de la, 103, 126, etc., 344, 347
RÖMER, y la velocidad de la luz, 271
Rotación absoluta y relativa, 76, etc.
— sensible y física, 310, etc.
RUSSELL, B. A. W., sobre las construcciones lógicas, 42
— sobre la «publicidad» de la materia, 169
— sus «Lowell Lectures», 174
— su análisis de las sensaciones, 192
— sobre la causalidad mnémona, 209, 367
— sobre los objetos físicos, 379, etc.
Relaciones temporales, entre actos y «sensa», 257
— dentro de un campo sensible, 257
— neutrales, 259, etc.
— entre el objeto percibido y el que lo percibe, 278
Ramales de la Historia, uniformes y no uniformes, 292

S

Sueños, 354
Sentimientos, 185, etc., 372, etc.
— y «sensa», 190
Sensaciones cinestésicas, y el concepto del espacio, 217, 227
— traslativas y rotativas, 296
— y movimiento, 296
SOCIEDAD DE NACIONES, 137
Señales luminosas, 96
Sistemas newtonianos, 128
— y la teoría especial de la relatividad, 135
— y la estructura de la naturaleza, 142, etc., 344
SAN PABLO, decano de, 330
Segunda ley del movimiento, 119
«Sein» y «Sosein», 154
Selección positiva y negativa, 373, etc.
«Sensa», definición, 175.
— y los objetos físicos, 176, 194
— y las percepciones, 177
— errores acerca de sus propiedades, 178
— como indicios de objetos físicos, 180
— su particularidad y dependencia del cuerpo humano, 188
— su dependencia de la mente, 189

— y las imágenes mentales, 191
— y su posición relativa, 196, 373, ad fin
— sus características espaciales, cap. IX
— sus características temporales, cap. X
Sensaciones, 178, 182
— análisis, 182, 350, 369
— y los sentimientos corporales, 185, etc.
— y las presentaciones, 187
Sentido, intrínseco, 47
Sentir, proceso general, 369
Series, tiempo, 47
— de racionales, 34
— de volúmenes, 37
— de «sensa» visuales, 220, etc.
Sencillez, dos fases, 389
Simultaneidad, sensible, 258
— pruebas, definiciones, 261
— neutra, 265
— teoría de la relación múltiple, 269
— y sonido, 262
— y luz, 268
— y su relatividad, 340
Solidez, visual, 210, etc.
Sonido, sus características espaciales, 223
Separación espacial, 138, 342
— espacio-temporal, 138, etc.
STOUT, Prof. G. F., 182, etc.
STUMPF, argumento, 178
Superficies, intrínsecamente diferentes, 142, 152, etc.
SWIFT, 149
Separación temporal, intrínseca y no intrínseca, 343, 360
Santísima Trinidad, su estructura interna, 115, 157
— su colegio en Cambridge, 207

T

Teoría absoluta del tiempo, 68
— del espacio, 71, etc.
— del movimiento, 74, etc.
Teoría científica crítica, 196, etc.
— dificultades, 204
— juicio final, 380, etc.
Teólogos liberales, 177
Tiempo local, 94, etc., 107, etc.
Teoría del objeto de la apariencia, 178
Teoría relativa, del tiempo, 68
Teoría, del espacio, 71, etc.
— del movimiento, 74, etc.
— de las ideas representativas, 174
Teusor Riemann-Chistoffel, 143, 215, 346
— modificado, 153, etc., 346
Teorías, selectivas, ventajas, 376, 379
— ejemplos, 377
— dificultades, 378
TENNANT, Dr. F. R., 171
Tercera ley del movimiento, 126, etc.
— y los sistemas newtonianos, 127
— y las fuerzas no newtonianas, 130
TOMÁS SANTOS, 355
Tiempo, punto de vista tradicional, 44
— analogías con el espacio, 44, etc.
— sentido intrínseco, 47, etc.
— críticas de M'Taggart sobre el, 62, etc.
— y las leyes de la lógica, 64, etc.
— teorías relativa y absoluta, 68
— científico, 280
— direcciones, 334
— pluralidad de posibles, 337
— serie limitada, 338
Tacto, activo y pasivo, 244
Todo y parte, 40, 35, etc.

U

Uniformidad, «standard» de, 116

V

Volumen contenedor, 40
«Ver», ambigüedad del, 181
Vínculos, lógicos, 59
Variaciones, cálculo, 144
Velocidad de la luz, 88, 341
Volúmenes convergentes, series, 37, etc.
— contenedores, 40

W

WATERLOO, batalla, 68
WESTMINSTER, puente, 43
WHITEAHEAD, Prof. A. N., y la abstracción extensiva, 33, etc.
— y el espacio intemporal, 73, 331, etc.
— y los objetos científicos, 238
— y los acontecimientos científicos, 278
— y los objetos no homogéneos, 288
WIENER, Dr. N., 46

SEMILLA y SURCO

COLECCION DE CIENCIAS SOCIALES

DIRIGIDA POR

M. JIMÉNEZ de PARGA — *Catedrático de Derecho Político de la Universidad de Barcelona*

Y

FABIÁN ESTAPÉ — *Catedrático de Política Económica de la Universidad de Barcelona*

VOLUMENES PUBLICADOS

Vol. 1.—SOCIOLOGIA, *R. M. MacIver y Charles H. Page.*
» 2.—LAS NACIONES PROLETARIAS, *Pierre Moussa.*
» 3.—INTRODUCCION A LA CIENCIA POLITICA, *Jean Meynaud.*
» 4.—LA SEGUNDA REVOLUCION INDUSTRIAL, *H. Pasdermadjian.*
» 5.—EL MARXISMO EN LA UNION SOVIETICA, *Henri Chambre.*
» 6.—INTERCAMBIO INTERNACIONAL, *Michel Moret.*
» 7.—LA DEMOCRACIA COMO FORMA POLITICA Y COMO FORMA DE VIDA, *C. J. Friedrich.*
» 8.—COMERCIO INTERNACIONAL Y DESARROLLO ECONOMICO, *Jacob Viner.*
» 9.—HISTORIA DE LAS IDEAS POLITICAS, *Jean Touchard.*
» 10.—ANALISIS Y POLITICA ECONOMICA DE LOS PAISES SUBDESARROLLADOS, *P. T. Bauer.*
» 11.—ECONOMIA AGRARIA, *Jean Valarché.*
» 12.—PROBLEMAS MONETARIOS INTERNACIONALES Y NACIONALES, *Per Jacobsson.*
» 13.—ANALISIS DE LOS SISTEMAS POLITICOS, *Douglas V. Verney.*
» 14.—LECCIONES SOBRE PRINCIPIOS DE ECONOMIA, *Sir Dennis Robertson.*
» 15.—LA ELABORACION DE LA POLITICA ECONOMICA, *Jean Meynaud.*
» 16.—EL REGIMEN POLITICO DE LA GRAN BRETAÑA, *Sir Ivor Jennings.*
» 17.—LA LUCHA CONTRA LOS MONOPOLIOS, *Ramón Tamames.*
» 18.—ECOLOGIA HUMANA, *Amos H. Hawley.*
» 19.—LOS ESTADOS UNIDOS EN LA PALESTRA MUNDIAL, *W. W. Rostow.*
» 20.—PROBLEMAS TEORICOS Y PRACTICOS DE LA PLANIFICACION, *Charles Bettelheim.*
» 21.—ELECCIONES LIBRES, *W. J. M. Mackenzie.*
» 22.—¿SE PUEDE CONTROLAR LA INFLACION?, *Harold G. Moulton.*
» 23.—DIMENSIONES DE LA CONCIENCIA HISTORICA, *R. Aron.*
» 24.—FLUCTUACIONES ECONOMICAS E HISTORIA SOCIAL, *Ernest Labrousse.*
» 25.—TRADICION Y MODERNISMO, *Enrique Tierno Galván.*
» 26.—LA CIENCIA DE LA ECONOMIA Y LAS DECISIONES ECONOMICAS, *S. S. Alexander y otros.*
» 27.—ACTITUDES CRISTIANAS ANTE LA GUERRA Y LA PAZ, *Roland Bainton.*
» 28.—LOS GRUPOS DE PRESION EN LAS DEMOCRACIAS CONTEMPORANEAS.
» 29.—EL CAPITAL FINANCIERO, *Rudolf Hilferding.*
» 30.—TEORIA CONTEMPORANEA DE LAS RELACIONES INTERNACIONALES. *Stanley Hoffmann.*
» 31.—LA ECONOMIA DEL SUBDESARROLLO, *A. N. Agarwala.*

"SEMILLA Y SURCO"

Colección de Ciencias Sociales

OBRAS EN PREPARACION:

M. Jiménez de Parga.—LAS MONARQUIAS PARLAMENTARIAS EN LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XX.
Kingsley Martin.—HAROLD LASKI, TEORICO DEL LABORISMO.
S. Neumann.—PARTIDOS POLITICOS MODERNOS.
Michel Fogarty.—HISTORIA E IDEOLOGIA DE LA DEMOCRACIA CRISTIANA.
R. M. MacIver.—TEORIA DEL GOBIERNO.
J. A. Schumpeter.—IMPERIALISMO Y CLASES SOCIALES.
Abram L. Harris.—ECONOMIA Y REFORMA SOCIAL.
Berger, Duverger y otros.—FEDERALISMO Y FEDERALISMO EUROPEO.
Strausz-Hupe y Hazard.—LA IDEA DEL COLONIALISMO.
William A. Robson.—INDUSTRIA NACIONALIZADA Y PROPIEDAD PUBLICA.
Finer.—TEORIA Y PRACTICA DEL GOBIERNO MODERNO.
André Philip.—LA DEMOGRACIA INDUSTRIAL.
Biscaretti di Ruffia.—DERECHO CONSTITUCIONAL.
Henri Chambre.—DE KARL MARX A MAO TSE-TUNG.
Dusenberry y Preston.—CASOS PARTICULARES DE ECONOMIA.
David E. Butler.—ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO POLITICO.
J. R. Hicks.—ENSAYOS SOBRE ECONOMIA MUNDIAL.
H. W. Ehrmanns.—GRUPOS DE INTERES EN CUATRO CONTINENTES.
Paul M. Sweezy.—EL PRESENTE COMO HISTORIA.
A. Doak Barnett.—LA CHINA COMUNISTA Y ASIA.
M. A. Fitzsimons y otros.—LA IMAGEN DEL HOMBRE.
Jürgen Fijalkowski.—LA MANIOBRA HACIA EL CAUDILLAJE.
Jan Tinbergen.—ENSAYOS SOBRE ECONOMIA.
Rene König.—SOCIOLOGIA EMPIRICA.
M. Mouskhely y Z. Jedrika.—EL GOBIERNO EN LA U. R. S. S.
Peter Heinz.—LOS PREJUICIOS SOCIALES.
Schattschneider.—REGIMEN DE PARTIDOS.

COLECCION
"BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
DE
EDITORIAL TECNOS"

GASPAR BAYÓN CHACÓN:
LA AUTONOMIA DE LA VOLUNTAD EN EL DERECHO DEL TRABAJO (Limitaciones a la voluntad contractual en el Derecho histórico español).—320 páginas, 22 × 16 cm.

JUAN BENEYTO:
TEORIA Y TECNICA DE LA OPINION PUBLICA.—217 páginas, 22 × 16 centímetros.

ALBERTO BERNÁRDEZ CANTÓN:
LAS CAUSAS CANONICAS DE SEPARACION CONYUGAL.—XII-722 páginas, 22 × 16 cm.

MANUEL DÍEZ DE VELASCO:
CURSO DE DERECHO INTERNACIONAL PUBLICO.—852 págs., 22 × 16 centímetros.

JUAN ECHEVARRÍA:
TEORIA DEL DINERO Y DEL COMERCIO INTERNACIONAL.—434 páginas, 22 × 16 cm.

VENTURA GARCÉS BRUSÉS:
REGIMEN JURIDICO DE LAS INVERSIONES EXTRANJERAS EN ESPAÑA.—362 páginas, 22 × 16 cm.

MANUEL JIMÉNEZ DE PARGA:
LOS REGIMENES POLITICOS CONTEMPORANEOS (Teoría general del régimen. Las grandes democracias con tradición democrática), 2.ª edición.—544 páginas, 22 × 16 cm.

EUGENIO PÉREZ BOTIJA:
DERECHO DEL TRABAJO.—6.ª edición. 630 páginas, 25 × 17 cm.

ENRIQUE TIERNO GALVÁN:
INTRODUCCION A LA SOCIOLOGIA.—170 páginas, 22 × 16 cm.

DWIGHT WALDO:
TEORIA POLITICA DE LA ADMINISTRACION PUBLICA (El Estado administrativo).—338 páginas, 22 × 16 cm.

FÉLIX DEL VAL LATIERRO:
GRAFOCRITICA (El documento, la escritura y su proyección forense).—202 páginas, 22 × 14 cm.

MANUEL BROSETA PONT:
RESTRICCIONES ESTATUTARIAS A LA TRANSMISIBILIDAD DE ACCIONES.

RAFAEL ENTRENA CUESTA:
CURSO DE DERECHO ADMINISTRATIVO.

COLECCION

"VENTANA ABIERTA"

MANUEL JIMÉNEZ DE PARGA:
LA V REPUBLICA FRANCESA (Una puerta abierta a la dictadura constitucional).—191 páginas, 21 × 12,5 cm.

MANUEL JIMÉNEZ DE PARGA:
FORMAS CONSTITUCIONALES Y FUERZAS POLITICAS.—304 páginas, 21 × 12,5 cm.

JEAN ROSTAND:
CIENCIA FALSA Y PSEUDO CIENCIAS.—225 páginas, 21 × 12,5 cm.

HENRY PELLING:
EL SINDICALISMO NORTEAMERICANO.—300 páginas, 21 × 12,5 cm.

WILLARD THORP:
LA LITERATURA NORTEAMERICANA EN EL SIGLO XX.—408 páginas, 21 × 12,5 centímetros.

JUAN BENEYTO:
LA OPINION PUBLICA INTERNACIONAL.

EN PREPARACION:

PHILIP NOEL-BAKER:
EL PROBLEMA DEL DESARME.

MICHAEL YOUNG:
EL TRIUNFO DE LA MERITOCRACIA.

DANIEL BELL:
EL FIN DE LAS IDEOLOGIAS.

S. E. FINER:
EL IMPERIO ANONIMO.

FILOSOFIA

GURMÉNDEZ, CARLOS:
SER PARA NO SER (Ensayo de una dialéctica subjetiva).—138 páginas, 22 × 14 cm.

NICOL, EDUARDO:
PSICOLOGIA DE LAS SITUACIONES VITALES.—230 páginas, 22×14 cm.

NICOL, EDUARDO:
HISTORICISMO Y EXISTENCIALISMO.—420 páginas, 22 × 14 cm.

NICOL, EDUARDO:
EL PROBLEMA DE LA FILOSOFIA HISPANICA.—282 páginas, 22×14 centímetros.

SÁNCHEZ DE LA TORRE, ANGEL:
LOS GRIEGOS Y EL DERECHO NATURAL (Estudio de sociología jurídica).—344 págs., 22 × 14 cm.

Pensamiento original, que expone con admirable plenitud las contribuciones hechas a la ciencia y que presenta un punto de vista filosófico nuevo. Se trata de un libro importante, lleno de temas nuevos y sugestivos.

DAILY NEWS.

El autor aborda el problema desde un punto de vista más fundamental que lo hicieran otros autores anteriores a él. La importancia de su obra es evidente. Es un libro para pedagogos, etnólogos, gramáticos, lógicos y, sobre todo, para psicólogos.

Lleno de interés y con interesantes temas, está escrito con admirable claridad y con gran sentido del humor, haciendo no sólo provechosa, sino muy entretenida su lectura.

NEW STATESMAN.

Cualquiera que desee llegar a ser un científico filosófico, o bien un filósofo científico, tiene que leer este libro.

SPECTATOR.